

[gfd-dennou.org](https://gfd-dennou.org)

---

# 科学英語メモ

112 ~ 142 分

---

## 科学英語メモ

- [ホーム](#)
- [参考文献](#)

## Contents

- [1 英語の文章表現](#)
- [1.1 よく使う表現](#)
- [1.2 日本語では同じでも、英語では意味が異なる表現](#)
- [1.3 注意して使用すべき表現](#)
- [1.4 避けるべき表現](#)
- [1.5 誤った表現](#)
- [1.6 英語論文で見られる良くない表現](#)
- [2 英文法](#)
- [2.1 名詞 \(Nouns\)](#)
- [2.1.1 具象-可算-個体名詞 = 普通名詞](#)
- [2.1.2 具象-可算-集合名詞 = 人や生物の集合名詞](#)
- [2.1.3 具象-不可算名詞 = 事物の集合名詞 and 物質名詞](#)

- [2.1.4 抽象-不可算名詞 = 大部分の抽象名詞](#)
- [2.1.5 抽象-可算名詞 = ごく一部の抽象名詞](#)
- [2.1.6 注意すべきこと](#)
- [2.1.7 複合名詞](#)
- [2.1.8 2語の複合名詞](#)
- [2.1.9 名詞の単複](#)
- [2.1.10 所有格](#)
- [2.2 冠詞 \(Articles\)](#)
- [2.2.1 不定冠詞 \(a, an\)](#)
- [2.2.2 定冠詞 \(the\)](#)
- [2.2.3 冠詞相当語](#)
- [2.2.4 2つ以上の名詞が and や or で結ばれている場合](#)
- [2.2.5 無冠詞・冠詞の省略](#)
- [2.3 接続詞 \(Conjunctions\)](#)
- [2.3.1 接続詞の種類](#)
- [2.3.2 等位接続詞](#)
- [2.3.3 接続副詞](#)
- [2.3.4 従位接続詞](#)
- [2.4 倒置](#)
- [2.4.1 文法上、倒置する構文](#)
- [2.4.2 強調や文のバランスを整えるための倒置](#)
- [3 句読法](#)
- [3.1 ピリオド \(Period\)](#)

- [3.2 コンマ \(Comma\)](#)
- [3.2.1 分離のコンマ](#)
- [3.2.2 囲い込みのコンマ](#)
- [3.2.3 慣用的用法](#)
- [3.2.4 他の句読点とコンマの位置](#)
- [3.2.5 制限的か非制限的か](#)
- [3.3 コロン \(Colon\)](#)
- [3.3.1 リストにおけるコロン](#)
- [3.3.2 節におけるコロン](#)
- [3.3.3 コロンの慣用的用法](#)
- [3.3.4 他の句読点とコロンの位置](#)
- [3.4 セミコロン \(Semicolon\)](#)
- [3.4.1 等位節のセミコロン](#)
- [3.4.2 説明句と説明説のセミコロン](#)
- [3.4.3 他の句読点とセミコロンの位置](#)
- [3.5 引用符 \(Quotation Marks\)](#)
- [3.5.1 区別を必要とする語句に使う引用符](#)
- [3.5.2 他の句読点と引用符の位置](#)
- [3.6 丸括弧 \(Parentheses\)](#)
- [3.7 ハイフン \(Hyphen\)](#)
- [3.7.1 分綴のハイフン](#)
- [3.7.2 接頭辞のハイフン](#)
- [3.7.3 接尾辞のハイフン](#)

- [3.7.4 複合語のハイフン](#)
- [3.8 ダッシュ \(Dash\)](#)
- [3.8.1 emダッシュ](#)
- [3.8.2 enダッシュ](#)
- [3.9 スラッシュ \(Slash\)](#)
- [3.10 イタリック体 \(Italics\)](#)
- [3.10.1 強調のイタリック](#)
- [3.10.2 専門用語のイタリック](#)
- [3.10.3 差別化のイタリック](#)
- [3.10.4 記号のイタリック](#)
- [3.10.5 句読点のイタリック](#)
- [3.11 スペース \(Space\)](#)
- [3.12 番外編：日本語横書き文書の句読点](#)
- [4 数学・数式の展開](#)
- [4.1 対応語句](#)
- [4.1.1 動詞](#)
- [4.1.2 名詞](#)
- [4.2 例文集](#)
- [4.3 Tips](#)
- [5 地球物理関連](#)
- [5.1 対応語句](#)
- [5.1.1 動詞](#)
- [5.1.2 名詞](#)

- [5.1.3 形容詞](#)
- [5.2 例文集](#)
- [5.3 Tips](#)
- [6 つなぎ言葉](#)
- [6.1 発生順: まず最初に](#)
- [6.2 発生順: 次に](#)
- [6.3 発生順: 結局](#)
- [6.4 同時生起](#)
- [6.5 付加](#)
- [6.6 説明](#)
- [6.7 部分変更](#)
- [6.8 関連・関心・例外](#)
- [6.9 比較](#)
- [6.10 例示](#)
- [6.11 理由・原因](#)
- [6.12 結果・帰結](#)
- [6.13 反対・対称](#)
- [6.14 讓歩](#)
- [6.15 結論](#)
- [6.16 目的](#)
- [6.17 指摘](#)
- [6.18 類似](#)

- [6.19 場合](#)
- [6.20 文頭表現](#)
- [6.21 例文集](#)
- [6.22 Tips](#)
- [7 未分類](#)
- [7.1 対応語句](#)
- [7.1.1 動詞](#)
- [7.1.2 名詞](#)
- [7.1.3 形容詞](#)
- [7.1.4 副詞](#)
- [7.2 例文集](#)
- [7.3 Tips](#)
- [8 マーク・ピーターセンの教え](#)
- [8.1 冠詞に名詞がくっついている](#)
- [8.2 関係詞のテクニック](#)
- [8.2.1 関係詞と先行詞が離れてしまうときの対処法](#)
- [8.2.2 前節全体が先行詞とする which](#)
- [8.3 主語と動詞が離れすぎている受動態の対処法](#)
- [8.4 副詞の誤用](#)
- [8.5 時制](#)
- [8.6 仮定法](#)
- [8.6.1 願い: wish と hope](#)
- [8.7 使役動詞](#)

- 9 科学英語論文における時制
- 9.1 様々な時制解説
- 9.1.1 “英語で書く科学・技術論文”の時制解説
- 9.1.2 “How to Write and Publish a Scientific Paper 6th edition” (訳書 “世界に通じる科学英語論文の書き方—執筆・投稿・査読・発表”)の時制解説
- 9.1.3 “ポイントで学ぶ科学英語の効果的な書き方”の時制解説
- 9.1.4 “NASA SP-7084 1998 ハンドブックに学ぶテクニカルライティング”の時制解説
- 9.1.5 “ELOQUENT SCIENCE” の時制解説
- 9.1.6 “ENGLISH for Writing Research Papers” の時制解説
- 9.2 ケーススタディ
- 9.2.1 Kaye and Linden (2004)
- 9.2.2 Scott and Polvani (2008)
- 9.2.3 Bordoni and Schneider (2010)
- 9.2.4 Bird et al. (2005)
- 9.2.5 Sura and Perron (2010)
- 9.2.6 Riessen et al. (2010)
- 9.3 be動詞にみる時制の割合
- 9.4 考察

## 1 英語の文章表現

### 1.1 よく使う表現

～平均した

zonally averaged, zonal mean ハイフン不要

latitudinally averaged ハイフン不要

time-averaged ハイフンがあることが多い

meanは相加平均にのみ用いる。東西平均は相加平均でも構わないが、緯度平均は重み付き平均が普通だと思う。

ある程度

to some extent

広範囲にわたって

over a wide range

～に関して

in regard to ..., with regard to ...

～の理由

the reason for

～を用いて

by (the) use of, by using

の目的で

for the purpose of

～に比例して

in proportion of

～の条件で

under ... condition

以上、以下、より多い、未満

500台以上 : 500 units or more

500台以下 : 500 units of less

500台より多い : over 500 units, more than 500 units

500台未満 : below 500 units, less than 500 units, fewer than  
500 units

## 1.2 日本語では同じでも、英語では意味が異なる表現

## すなわち、つまり

namely はすでに(曖昧または間接的に)述べたものを名指したり、具体的にしたり、同じものであることを述べる(コメントする)。namelyの後に続く語は読み手が既に知っていて、推察可能な語が来る。namely の誤用は非常に多い。

that is は述べたことの説明を始めるために使われる  
that is to say, in other words, which is, more precisely,  
specifically.

## 多少

somewhat は rather や quite と同じ、ある程度、幾分  
more or less は「完全にではないけれど」という意味  
(数が)ある程度の

several 数が大きいことを強調する  
a few 数が小さいことを強調する。または中立。

## 適した

appropriate ふさわしさ、適切さ = suitable, fitting  
adequate 量、長さなどがちょうどよい = sufficient, enough

## 目的

aim 目指している“方向”や“経路”。  
goal 目指している“到達点”、“行き先”  
purpose 行動を起こす“動機”や“理由”  
objective 目指している“成果”

## その結果として

as a result, consequently 状況に対して使用される。後者は副詞である。

as the result 具体的なもの(数式なども含む)に対して使用される

両者とも“因果関係”、“帰結”をあらわすのであって、“論理関係”的表現ではない。

## ～である限り

as long as, on the condition that 0/1の条件に対して用いる。

as far as, to the extent that 様々な程度で存在する条件に対して用いる。

～させる

cause, make 強制 = force, compel, constrain, require, necessitate, oblige, drive

allow, let 許可= make possible, facilitate, enable, permit, admit

変化する

vary 連続的な量の変化

different 2つの局面/状況の変化

change 変化の過程, 無生物が主語の場合は自動詞で用いる

shift 場所、向き、傾向の小さな変化関数的依存性 → depends on, are functions of, evolve, fluctuate, dependence, evolution, fluctuation, dynamics

扱う

deal with ではない

等しい、同じ

equal “量”が等しい。ただし“量”とは演算の対象となりうるもの。

identical, equivalent, coincident, congruent, isomorphic 量でないものの同一性。

特に

especially, (particularly) “程度”に関して比較を行う表現で用いる。形容詞を修飾する。

in particular 議論の焦点がある場合や、例に合わせるために用いる。動詞を修飾する

specially 焦点をより具体的にする。動詞を修飾する。

例外

except for 例外の存在の重要さを強調する意味合いで使うことがある。

bar, excepting, but (for) それら例外を別にすれば一般論が成り立つという積極的な主張. exceptingは改まった語で, butはもっぱらnone, nothing, all, anyoneなどのあとで用いられる. apart from, aside from 例外に言及はするがそれほど重要なものではないという意味合い.

### 意味

meaning 言葉、数学、論理などによる“表現”が意味するもの. その表現が直接表すもの(観念).

implication 表現を含めてもっと幅広い“物事”が意味するもの. 表現が直接表すもの(観念)から推論されうるものも含む。

significance 気象学では“統計的な意味”を表す際に用いられることが多い。

connotation, import, purport, substance, inference, inferred meaning and implicit meaning.

### 単調に

monotone, monotonic, monotonically 数学用語の単調をあらわすのはこれら3語のみ。

### 四則演算の正しい表現

$a + b$  : a is added to b, We add a to b, a and b are added, We add a and b.

$a - b$  : b is subtracted from a, We subtract b from a.

$a \times b$  : a multiplies b, b is multiplied by b, We multiply a by b.

$a \div b$  : b divides a, a is divided by b, We divide a by b.

### 無視する

ignore, omit make no consideration of が第一義。何かが考慮に入れられなかったり、扱われなかったり、存在していないと見なされていることを表す。omitは省略するの意味でよく使われる。

neglect make little consideration of が第一義。不完全に扱うというネガティブな意味を表す。

## ～を基づいて(た)

based on 形容詞句なので、必ず名詞を修飾しなければならない。はっきりとした論理的つながりが必要。

on the basis of 副詞句で、一般に動詞を修飾するために用いられる。はっきりとした論理的つながりが必要。

in reference to, with respect to 参考にして using 利用して一方で

on the other hand 文A. On the other hand, 文B. このとき AとBは同じ主題にたいして、異なる見方を示さなければならぬ。

and, but, while, whereas 一方でが本来意味するところは、これらの接続詞で表現可能。

または

or or は可能な「場合(実際の場合・潜在的な場合・実情に反する場合)」の存在を示す。

and 全体が包含する分類を示すときは and である。

オーダー

(of) order 10 無次元量に対して用いる。形容詞である。

on the order of 10K 次元量に対して用いる。ofのあとには目的語が来る。

一部

part of 単数名詞 あるひとつの存在と見なされているもの的一部を意味する。

some, several, certain, a few, a number of 集団の中の全てではないが複数の存在を意味する。

問題

problem 成し遂げるべき具体的な行為を伴う仕事。そのような仕事が要求される問い合わせ。「研究のテーマ」「研究の対象」という意味でproblemは不適切。またproblemはsolveするもので、questionにはanswerする。

## question 解答、解決されていない問題点、題研究

study, investigate, (analyze, examine, treat) 特定の何かを調べること

research 比較的広い範囲および長い期間にわたるプロジェクトの意味

その、この、あの + 名詞

the 現在の議論の範囲において、唯一のものに対してのみ使う。

this 議論の中、読者の目の前にあるものに対して使う。

that 議論から遠いところにあるものに対して使う。

従って、だから、ゆえに

therefore 直前の内容が後の内容をおこなう「理由」であることを指摘する。「そのために」 = for this/that reason

hence 論理的な「自然な脈絡」 = as an inference, as a deduction, it is implied that, it follows that

thus = in this/that way, with this/that fact/situation/result

今までに

until now 今終わったというニュアンスが強く含まれる。

up to now 今終わったというニュアンスが多少含まれる。

to now 今終わったというニュアンスがわずかに含まれる。

yet まだ継続している

立場から、観点から

日本語のこれらを正確にあらわす英語は存在しない。

point of view = manner of viewing, manner of thinkingが近い  
view は眺めそのもの。viewpointは眺め主の立っている位置。

～のとき

when, in the time that 時間的意味で用いる。具体的にその状況が実現した時同時に起こることを述べる(実現すること前提)。

in the case that, in the situation that, for the case that 場合の意味で用いる。

if 実現するかどうかは含意せずに、抽象的に因果的論理的ながりを挙げる。

(予報)精度

accuracy 観測と比較したときの精度

skill 基準としている(従来の)予報と比較したときの精度

協力、共同

collaboration 2つ以上のソースを基に最良の結果を目指すときに用いる。

coordination 最低限の結果を保証するために2つ以上のソースが必要なときに用いる。

移動する、移る

advect 移流。流れによる移動。

propagate 伝播。流れ以外による移動。

move 上二つの両方について言える。つまり、上二つが同時に起きている、またはどちらか判別できないときに用いる。

～の

ニューヨークの支店 : a branch in New York

モーターのベルト : a belt on the motor

天井のスプリンクラー : a sprinkler

物理の才能 : a talent for physics

物理の実験 : an experiment in physics

英語のレポート : a report in English

物理の本 : a book on physics

問題の式 : the equation in question

計画の変更 : a change in the plan

寸法の違い : a difference in size

生産の減少 : a decrease in production

部品の注文 : an order for the parts

将来の計画：plans for the future

風邪の薬：a drug for a cold

10万円の小切手：a check for 100,00 yen

製品の情報：information on/about the product

価格の引き下げ：a reduction in price

顕微鏡での検査：an examination under a microscope

両者の違い：the difference between the two

三者間の協定：an agreement among the three parties

社長の秘書：a secretary to the president

## 能力

ability 可能性または積極的な実行力を意味し、不定詞を伴う。

capacity 受け入れ、収容、吸収する消極的な力を意味する。  
電気測定の最大出力は例外。

## ほとんど

almost 程度を表す。動詞を修飾する。

almost all 量や数を表す。名詞の前におく。

most 副詞としては「最も」の意。形容詞としては「最も多い」「たいていの」の意。

## 大きい

big かさ、かたまり、重量、容積などが大きいことを示す。

large 寸法、限界、量、容量などを示す名詞に付けられる。

great 卓越、著名、至高などに用い、物質的なものには使わない。

## 2つ

both 2つのことを共に考える場合。 the two 2つのことを別々に考える場合。

## 反対に

on the contrary 他人の意見などに賛同できないことを表す主観的な反対。

in contrast 客観的に反対の事象や著しい相違を表す。

### 1.3 注意して使用すべき表現

辞書で用例を確認すること！

viewpoint

aspect

character

nature

characteristics

circumstances

situation

Then

thereforeの意味では使えない

especially

文節を修飾してはならない。→ In particular

abbreviate

省略する(omit, delete)ではなく、短く簡単にする(shorten, simplify)に近い— We abbreviate  $f(x_i)$  as  $f_i$ .

about

「およそ」の意では approximately のがふさわしい。また、

「およそ」の意図するところをよく考える必要がある。

「～について」の意では deal with, treat, investigate, studies などをつかう。ただし information, details, knowledge のあとに置くのはよい。

according to

以下の3つが正しい用法で、これら以外の意味の「によって、によれば、に従って」の訳語としては使えない。どうせなら、下記の同義表現を用いるべき。また、「必ずしも全面的

に信用しない」のニュアンスを持つ。

- in keeping with, in agreement with ~と合致して
- as stated by, on the authority of ~で表明された通りに
- in the manner determined by ~で定義された通りに

all, both

否定文や複数の名詞を修飾するときに誤解可能な文を生みやすい。

already

過去、現在完了、過去完了形の文では不要。現在形の文では“予想よりも、通常よりもはやく”的意味が込められる。

and so on, and so forth, etc.

including, such as, like などのような全てではないことを伝える表現をした場合は不要。

any

as for

多くの場合不要。→ with regard to, in regard to, as regards, regarding, with respect to and concerning

as well as

and と同義ではない。in addition to, and in addition の意味

aspect

抽象的/具体的な“ものの一面”を表す = features, characteristics, properties. “立場”ではない

at first, first

at first は時間 = in the beginning, at the beginning, initially  
first は順番 = to begin with

at last

after a considerably long time の意味

available

それが利用されうる状態すでに存在している(邪魔するものがない)ことを表す。

### because of 名詞

この名詞は“理由を生み出すもの”であって理由(reason)そのものではない。→ for this reason

### candidate

### categorize, classify

前置詞をともなう用法に注意が必要

### circumstance

### common

### compared with, compared to

compared が比較を表すので、comparedの前に来る形容詞・副詞は比較級や比較を意味する言葉にしてはならない。また comparedは動詞を限定するものではない

### contrast

必ず同種のものを対比する

### degenerate

### despite

前置詞であり、接続詞ではない。

### difference+前置詞

difference of 量, difference in 概念, difference between 特定のもの and 特定のもの

### different + 前置詞

different from 別個の物, different than 似てないもの. between や among とは使用しない。

### difficult

何かの動作、行為を表す名詞、または動作、行為などと直接に関連していいる名詞を修飾する

### discussion (discuss)

情報や概念を提供する目的の文章を意味し、何か結果が得ら

れるものを導きだすための議論はdiscussion ではない。

### dynamics

概念的な(学問分野のひとつとしての)力学という意味のときは单数として扱い、これ以外の力学的現象を表すときは複数形として扱う。ただし力学現象を記述する際は、より具体的な表現で記述するべき。

### entire

複数の事物を集合的に描写するのではなく、あるひとつの事物を全体的に描写する場合に用いる。通常、单数形名詞を修飾する。

### except +for

except for = with the exception of

- (用法1) [ある性質Aで特徴付けられる物事の類] +, except for + [その類に属しているにも関わらず、性質Aを持っていない物事] +, [性質A]
- (用法2) [全般的な状況の説明] +, except for + [全般的な状況の一貫性を破る物事]

上記の用法以外では他の前置詞を用いる。

### feature

必ず数えられる事物を意味する。ある物や現象のnature や essence はひとつしかない。

### for a moment, for the moment

for a moment は時間的な“一瞬” = for a short time。

for the moment は何かの存在や状態が一時的または予備的だということ「とりあえず」の意。= for the present time, for the time being, for now, for the present.

### however

副詞であり、接続詞ではない。よって文節をつなぐことはできない。

## in spite of

意味的誤りと文法的誤りが多い。

## instant, instance

instant は瞬間、時点。 instance は場合、例。

## A is the key to B

Bは名詞、動名詞であり、to 不定詞 の形にはなれない。また to のかわりにofは使用できない。

## earlier, before, previously, later, after

論文中で前述、後述の意味で、時間的表現をもちいることは避けるべき。

## meanwhile

= at the same time, during that time であり、and, also, in addition, butの意味ではない。

## more, less

副詞としてしようする場合、形容詞・副詞を修飾する。動詞を修飾するとmore often, less oftenの意味になる。また「さらに」「より」の訳語としては不適な場合もある。

## no more, no longer

## not only

文法的にonlyと同様であり、not onlyは直前または直後の語を修飾するので、離れた位置にある動詞などを修飾することは出来ない。

## notation

複数の記号、式などを表す集合名詞であり、通常単数形である。terminology, expression, symbol, definition, quantityの意味でもちいてはならない。

## on the contrary

正しい用法は

(1) [否定文]. On the contrary, [肯定文] で両文は趣旨が一致しなければならない。

(2) [誰かの主觀や、事物の可能性を述べる文]. On the contrary, [前文の内容とは反対の事実を述べる文]  
であり、対比や対照の用途では使えない。

### operate

「作用する」という意味の自動詞なので、 $\nabla$  operates to u. は正しいが、We operate  $\nabla$  to uは誤り

### opposite

形容詞、副詞、名詞、前置詞として使われるので、用法に注意が必要。またsignとの併用時に誤用が多い。

### otherwise

形容詞または副詞なので、必ず何かを修飾する。

### per

preはone、each、every の意味を含んでいるので、これらの語と併用してはならない。またperの目的語は無冠詞の可算名詞である。

### possible

基本的に It is possible to 動詞 + 目的語. または It is possible for 意味上の主語 + to 動詞 + 目的語. の形で用いる。

### possibility

可能性が意図した事物に対して示されているか注意が必要。

### reason

### sameとas

same と as を使用する際は正しい用法を確認すること。また same に通常 the がつく。

### saturate, saturation

数学的な意味で用いる際は注意が必要。

### similar

as とは併用しない。similar + 名詞 + toとすると文意が不明瞭になる。通常 the はつかない。

### since

第一義は「～以来」であり、「だから」を意味していることが明白なときもsinceは必ず時間的ニュアンスを伝える。

such as, so as, such that, so that

これらはよく混同される。

such as 例示だが、「種」の物事が意識され、それゆえ例示された物は「代表例」のニュアンスをもつ

so as = for the purpose of, in such a manner that

such that = of a type that, with the property that. 名詞を修飾する。

so that = (1) for the purpose of, in order that. (2) with consequence that, and therefore (直前にコンマがつく)

then

副詞であり接続詞ではない。thus, therefore, henceの意味は持たない。

too + 形容詞

too + 形容詞 は冠詞と名詞の間には入らない。

where

関係副詞として場所にかかる。case, situation, exampleにはかからない。また数学的な“点”的場合はat which を用いる。  
ただしシンボルの説明に用いられる。

equations, formulas, theories

既知の方程式、公式、理論は特定の状況/仮定のもとで作られたものなので、これらを拡張するさいは、注意が必要。

false alarm rate と false alarm ratio

false alarm ratio = the number of false alarms divided by the number of forecasted events.

false alarm rate (または the probability of false detection) = the number of false alarms divided by the number of times the event did not happen.

forcing

通常、予報方程式の(左辺を時間微分項のみにしたときの)右辺にある項を指す。ゆえに診断方程式では使えない。

### frequency

“単位時間あたり”の場合にのみ用いる。そうでない場合は単にnumber of eventsとする。

### be observed, be seen

直接観測したのでなければ、occurred や produce.

### resolution

グリッド間隔(数)について述べる際は不適。なぜならば、グリッド間隔の大きさと、そのグリッドメッシュでresolve出来る現象のスケールは異なるから。 $\rightarrow$  grid spacing, grid increment, grid separation, grid interval.

### state

sayよりも遙かに強い意味なので、sayの代用として使うことは不適。

### theory

theoryは長い間試され、観測を説明し、未来を予測することが可能なアイデアや枠組み、概念モデルについて用いるべき。そうではない推論に対しては hypothesis が適当。

### case

以下の場合は直したほうがよい。

in this case → here

in most cases → usually または具体的に頻度を表す

in all cases → always

in no cases → never

in many cases → many of ~

### a number of 複数, the number of 単数

a number of は many や several のがよい。

### reaction

物理学の「反動」や化学の「反応」以外の意味はない。

recently

現在形とともに使用してはならない。現在完了か過去形で使う。

## 1.4 避けるべき表現

image

写真などの意味以外では使ってはならない。

from the standpoint

→ in connection with (the fact that) または in the light of (the fact that)

文頭のAnd

→ Moreover, Further

文頭のBut

→ However, Nevertheless

文頭のSo

→ Therefore, Hence

文末のtoo, however

使用してはならない

We had better

口語的 → It is best to

care about

使わない

anymore

口語的。誤用しやすい。

around

意味が沢山あるため、文意が不明瞭になる。→ near, approximately at, on /both/all/ sides of, on either side of, in the /neighborhood/region/vicinity/ of, surrounding, in the region surrounding, throughout the region surrounding, encircling,

centered at.

at the same time

異なる2つの用法がある。

→ however, nevertheless

→ simultaneously

beside, besides

口語的。→in addition to, except for

by

は意味が多様なので、より意味が限定された表現を用いるべき。ただし、受動態の主語を表す場合は除く。

(by) using, with, (by) employing, through, in terms of, by applying, (by) utilizing, (by) making use of, through use of, by means of, with the help of, with the aid of, from など。

change

誤用が多い。

関数的依存性 → depends on, are functions of, evolve, fluctuate, dependence, evolution, fluctuation, dynamics

無生物が主語の場合は自動詞で用いる

clue

口語的。意味が不正確。

consideration

意味が多様であいまい。

→ thinking about, looking at

→ discussion, survey, account

→ taking into account

→ a fact or factor to be considered

→ study, analysis, treatment

deal with

→ analyze, consider, study, investigate, discuss

depending

構文的な誤用が多い。

each other

不要。ただの強調語であることがほとんど。

from now, from now on

不要の場合や誤用が多く、口語的。

hard, hardly

誤用が多く、口語的。

have to do with

have a relation to, have a connection with という意味で用い  
るのは口語的。

have to, must と only の併用

意味が曖昧になる。

hint

意味が曖昧で口語的。

information of A

所有 A's information の意味のときはinformation possessed  
by, information contained in.

その他の場合、of は about, regarding, /with/in/ regard to,  
concerning, pertaining to, with respect to, in reference to, in  
relation to, relating to, in connection /to/with/, pertinent to,  
relevant to

またinformation を know と併用するのは誤り。不可算名詞で  
ある。

issue

「問題」 「論点」 の訳語としては誤り。より限定された意味  
のある言葉に変えるべき。

just

意味が多く、口語的。 → only, simply, recentlyなど。

knowledge

意味が広い。 → information, understanding. 不可算名詞であ

る。

largely

2つの意味がある。→ greatly, for the most part, mainly, by and large

nothing but

誤用が多いし、正しい用法を使う機会はまれ。

notion

→ idea, thought, concept, conception

nowadays

nowadaysは「傾向」「流行」という意味を含む → now, today, at the present time, at this time, presently, currently.

plural

文法用語して以外は使わない → multiple

popular

誤用が多い。正しい意味でも「社会全体」にたいして用いられるのが普通。→ common, conventional, customary, general, generic, main, normal, ordinary, predominant, prevailing, prevalent, standard, typical, usual.

real

数学の「実数の」という意味以外では使用しないほうがよい。

really

かなり口語的。→ actually, truly, certainly, undoubtedly, indeed, in fact, genuinely, very, quite, greatly, considerably, substantially, significantly, utterly, altogether, extremely, extensively, to a great extent.

remarkable

珍しいという意味が含まれる → worthy of note, worth noting, notable, interesting, important, significant, noticeable, observable, marked, conspicuous, prominent, pronounced.

とてもの意味でのso

口語的 → very

so far

口語的で多義。 → up to the present, to this time, to this point, yet, previously

traditional

科学論文には不適。 → conventional, ordinary, usual, established, orthodox, familiar, regular, normal, standard, customary, existing, past, previous.

yet

誤用が多い。強調のニュアンスがある。

activity

あいまいで、不正確。文脈に応じて → number of cloud-to-ground lightning flashes, total flash rate, number of supercells, frequency of hurricane passage, etc.

causing

→ associated with

chaos, random

非常に限定された意味を持っている。 → poorly organized, disorganized.

convective initiation

→ convection initiation

convective temperature

correlate, correlation

数学的な意味でのcorrelationに限る。 → relate, relation, correspond

datum point

一点でもdata pointでよい。

(モデルの出力結果としての)data

モデルの出力結果に対してdataが使われることを嫌う人がい

るので、observationの結果のみdataと呼ぶべし。

day

日付を表すときは→ date

紛らわしい日付表記

→ “1200 UTC 10 December 1994” が標準

divergence/convergence causes vertical velocity

水平発散/収束と鉛直流速は連続の式で関係しているが、これは予報方程式ではなく、診断方程式なのでcauseとは言えない。

fog burning off

科学的に正しくない。

greenhouse effect

本当の温室は、“大気の温室効果”のような効果で内部を暖かく保っているわけではない。

温室効果を説明するためのblanket

大気の温室効果の仕組みはブランケットの効果の仕組みとは異なる。—the surface of the Earth is warmer than it would be in the absence of an atmosphere because it receives energy from two sources: the sun and the atmosphere.

northward, southward

→ poleward, equatorward

positive/negative vorticity

→ cyclonic/anticyclonic vorticity

numerical prediction

→ dynamical prediction らしい。numerical prediction は statistical predictionも含む。

overrunning

severe storms

→ severe convective storms.

vertical motion

→ vertical velocity

why

→ how. 「なぜ」を探求するのは哲学や神学であり、科学は「どのようにして」を扱う。

methodology

→ methods. methodologyは the study of methods の意味にとられかねない。

and/or

誤解されることが多い。別の表現で書き変える。

could

「出来た」の意味はなく「過去に出来る能力があった」の意味になるので、「出来た」は単に過去形にする。

fact

証明可能な事柄のみを意味し、判断した事柄には用いない。

→ effect, hypothesis, observation, value, result, phenomenon, finding, similarity などより具体的な言葉に変える。

同様にthe fact that, of the fact that も不要。

matter

あいまいな語 → affair, question, request, trouble, delay など正確な語を用いる。

well-known

→ widely known, often adopted/used

while

第一義「～をしている間に」以外では使わない。「一方で」を使いたいときは whereas

## 1.5 誤った表現

call A as B

→ call A B ここでBはAの名前

A equal to B.

→ A is equal(形容詞) to B. A equal(他動詞) B.

operate P to f

operateは「作用する」という意味の自動詞なので▽ operates to u. は正しい。また適切な前置詞に注意すべき。

cold/warm temperature

→ low/high temperature

in details

→ in detail

the followings

→ the following 複数でも s を付けない

inside of

→ inside

very, more, less, extremely, mildly+uniqueなどの絶対的な語

これらの副詞で修飾出来ない。

絶対的な語: equal, false, final, flat, horizontal, impossible, initial, obvious, perfect, permanent, safe, straight, supreme, total, true, unanimous, vertical

A and/or B

便利なようで、誤解されかねない。→ A or B or both

## 1.6 英語論文で見られる良くない表現

以下は見延先生のページからの引用です。

set up

「落とし入れる、嵌める」という意味があるせいか、あまり使われないような気がする。

then

「次ぎに」くらいのつもりで使う例が多いが、厳密に時間的に後にあることにしか使えない。

## exist

日本語は名詞主導の言語なので、「...（名詞）が存在する」という表現が多い。しかし、この表現は動詞主導の言語である英語では多くの場合にはまず使えない。特に「...という現象が存在する」とは全く言えない。動詞主導の英語ではoccurなどを使う（単純な置き換えではダメ）のが良さそうである。

## there is

上と同じく there is variability などとはできない。

## could

could は仮定法過去すなわち、「...できたのにそれはしなかった」と紛らわしいので日本人は使用しない方が無難。例えば, You could call me yesterday.と彼/彼女から言われたら、「あなたは昨日私に電話をかけることができた（能力を有していた）。」という意味ではなく、「あなたは昨日わたしに電話をかけられたのに、かけてくれなかつたじゃない！」のように多分に非難や残念な気持ちが入っている。

## 懸垂分詞

分詞節の主語が主節の主語に一致しなくてはならない。

Considering smaller spatial scale of the 2nd mode, oceanic adjustment driven by surface wind is important. この場合, Considering ..., we ...と主節の主語はweとならなくてはならない。そうでなくては, considering の主語と主節の主語が不一致となるためである。このように主節の主語と分詞節の意味上の主語とが一致しないことを、懸垂分詞と呼び、ほとんどの場合に避けなくてはならない。私が知る限り唯一の例外は, using である。Using の場合、主節の主語は人でなくても良いようである（そういう用例が多数見られる）。おそらく, using は慣用句的に使われ意味上の主語の機能が失われているのであるうと推測している。

非制限的用法の関係代名詞節の前後にカンマ','が無い

関係代名詞には、制限的用法と非制限的用法の二つがある。制限的用法とは関係代名詞節がなくては文の意味が成り立たない場合で、例えば We conduct a experiment that identify the response of the system to the external forcing. では、We conduct an experiment. だけでは文として意味を成さないことが分かるだろう。

一方非制限的用法の例は、We examine the interannual variability of the Pacific Ocean, which is one of the action of the center associated with El Nino. で、which 以下は付加的情報を示しているだけであり、なくても文の主たる情報は伝わるのである。多くの場合制限的用法ではthatを、非制限的用法ではwhich を用いる。まれにnative speaker に制限的用法でもwhich に直すように求められることがあるが、その理由は不明である。

文がAndかButから始まる

And, But から始めるのは口語的なのでダメ。

and で結ばれる前後の節の並列性が低い

and以外を使うか、並列性を高める。

節の区切りにカンマがない

A is B and C is D. などでは、A is B, and C is D. と節（この場合は等位節）の前にカンマが必要。

式だけの行の末尾にカンマ、'かピリオド'.'が無い

英語では式も文なので、カンマかピリオドが必要。

式だけの行の次の行がWhereから始まる

where が正しい。

maximum amplitude

maximal amplitude が正しい。

spectrum peak

spectral peak が正しい

冠詞

- the が必須 : the North Pacific, the Japan Sea, the North American continent, the Kuroshio
- the が付かない : North America, Eurasia
- in 1990s -> in the 1990s

northern hemisphere

the Northern Hemisphere (NとHが大文字, theがつく)

Northern and Southern Hemisphere

Northern and Southern Hemispheresが正しい

段落の最初の文がインデントされていない

必ずインデントする.

文頭のGenerally

In general, が正しい.

文頭のParticularly, Especially,

In particular, が正しい.

文頭のAssociated with

ほとんどの場合, In association with が正しい.

Fig. 1, 2

Figs. 1, 2 が正しい.

Fig.1

Fig. 1 : 英文では省略形を示す際にピリオドを置く. 従ってピリオドの後に空白が無いと, その非省略形はFigure1という1単語になってしまう.

Fig. 1(a)

Fig. 1a が正しい.

括弧の前に空白が無い

括弧の前には必ず空白をつける.

名詞の結合のし過ぎ

upper water temperature grid data. 名詞を2語つなげる使用

はOK(grid data, water temperature). 3語になるとちょいと苦しい, 場合によってはハイフンを使う方が良い, (例 sea-surface temperature) .

firstly

first が正しい.

grid data

gridded data が正しい.

on the other hands

on the other hand (handが単数)

他動詞と自動詞

- relating issue → related issue (relate は他動詞で使う)
- 主語名詞 locates → 主語名詞 is located. (locate は位置させるという他動詞)

ここで我々はどうこうした. のここでのHere

Nowが正しい. 数式のあと 「ここでv は流速」 のときは Here.

in mid-latitude

in mid-latitudes が正しい.

## 参考文献一覧

## 2 英文法

### 2.1 名詞 (Nouns)

名詞の最も大きな分類は「固有名詞」と「共通名詞」(いわゆる普通の名詞)である。

共通名詞は「可算/不可算」と「具象/抽象」の分類がある。

具象-可算名詞はさらに「個体/集合」の分類がある。

不可算名詞は複数形にならず、限定されなければ the がつかない  
なお名詞を「普通・集合・固有・物質・抽象」の5つに分類するの  
は日本の学校文法教育独自の分類で、ことばの意味に基づく分類  
であって、文法的な分類とは異なる。

### 2.1.1 具象-可算-個体名詞 = 普通名詞

一定の形や区切りがあって、数えられるものに付けた名称で、同じ種類の物に共通して適用出来るもの。

### 2.1.2 具象-可算-集合名詞 = 人や生物の集合名詞

人や生物の集合体を表す名称。

- 単数にも複数にも扱うもの — 単複は文脈で使い分ける。  
audience(聴衆), cabinet(閣僚), class(クラス), club(クラブ),  
committee(委員会), company(会社), crew(乗組員), crowd(群衆),  
family(家族), generation(世代), government(政府), jury(陪審員),  
public(大衆), staff(職員), team(チーム)
- 常に複数扱いするもの — a, anはつかず、複数形もない。theをつ  
けると集合全体か特定の物をさす。  
cattle(牧畜牛), clergy(聖職者), people(人々), police(警察),  
poultry(家禽)

### 2.1.3 具象-不可算名詞 = 事物の集合名詞 and 物質名詞

「事物(非生物)」の集合体を表す名称。—clothing, furniture,  
machinery, mailなど

物質に付けた名称。

- 総称用法: 「～というもの」 無冠詞で用いる。

- 不定量の物質名詞: some, any, much, (a) little, a lot ofなどを前につける。
- 特定の物質名詞: the や this, thatなどの指示代名詞、my, hisなどの所有格の人称代名詞をつける。

#### 2.1.4 抽象-不可算名詞 = 大部分の抽象名詞

概念や感情、過程あるいは行為などの形のない抽象的な意味を表す名詞。無冠詞単数形で用いられることが極めて多い。  
性質・状態や心的状態・出来事や行為。

- some, much などで量や程度の多少を表す。
- of + 名詞, 関係詞などで限定されると the がつく
- 形容詞 + 抽象名詞の形で具体性を持たせた場合、可算名詞化して a, an をつける場合が多い。  
ただし、形容詞がついても可算名詞にならない純然たる抽象名詞も存在する。  
advice, applause, conduct, damage, equipment, fun, harm, homework, information, luck, news, progress, weather, work など。
- 具体的な行為や事柄などの意味で可算名詞化するものも多い。

#### 2.1.5 抽象-可算名詞 = ごく一部の抽象名詞

difficulty (難事) のようなごく一部の抽象名詞.

#### 2.1.6 注意すべきこと

可算/不可算は書き手(文脈)がイメージしていることに左右される。

例えば、物理概念としての temperature (気温)は不可算だが、様々な気温の値を指して temperaturesなどと可算名詞として扱うこともある。

また、可算/不可算に加え、theがつく場合でそれぞれ、意味が異なる語もある。

the atmosphere – 地球の大気

atmospheres – 地球以外の天体の大気

atmosphere – 雰囲気(という概念)

### 2.1.7 複合名詞

全体でひとつの名詞の役割を果たすもの。

#### 1語になったもの

bookcaseなど

ハイフン( - )でつないだものも1語として数えるが、最近はハイフンでつなげる名詞-名詞は少ない。

### 2.1.8 2語の複合名詞

前の名詞が後ろの名詞を修飾する形容詞的な役割をはたす。前の名詞は単数形で記す(常に複数形の名詞は除く)。

3語以上の名詞を並べた複合名詞は好ましくなく、 space-age technology のように形容詞的な役割をはたす語をハイフンでつなぐ方が望ましい。

### 2.1.9 名詞の单複

#### 单複の使いわけ

- no, zero に続く名詞は複数形
- 1.01, 0.5など1以外の数に続く単位をあらわす名詞は複数形
- eachに続く名詞は単数形
- 主語が複数の場合、それぞれがいくつ(単数か複数か)を明確にするために、eachを使うべき。

### 注意すべき複数形の作り方

- 文字や記号の複数形は -'s または -s
- ピリオドのある略語の複数形は -'s. ピリオドがない場合は -s.

## 2.1.10 所有格

### 所有格の作り方

- 単数名詞には -'s.
- 複数名詞には -. ただし s で終わらない複数名詞は -'s.
- s でおわる固有名詞には -'s, -' どちらでも可。
- 2者あるいはそれ以上の共同所有物は最後に -'s: Smith and White's office
- 2者あるいはそれ以上がそれぞれ所有している場合は、全てに -'s をつける: Smith's and White's wives

### 所有格と of + 名詞

意味上も文法上も同じだが、以下の傾向で選択される。

- 国名・地名、時間・距離・重量・価格、人間活動に関わる表現には

-'s が好まれる。

- -'s のほうが簡潔な場合は -'s
- A's B だと B に重点が置かれ、B of A だと A に重点が置かれる(重要な情報である)。
- 語数の多い方を後に置く

NASAの本によると、無生物名詞の所有格には -'s も of も使わず、名詞+名詞の2語複合名詞で表すのがよいらしい。

### 注意点

日本語の「～の・・」が「-'s」や「of」で表現できるとは限らない。

## 2.2 冠詞 (Articles)

### 2.2.1 不定冠詞 (a, an)

不定冠詞 a, an は、one(1つの)から出来た語で、不特定のものを指し、原則として可算名詞の単数形につく。

#### 主な用法

- 不特定、単数の可算名詞であることを表す
- 初めて話題に上がる可算名詞を導入する
- 「1つ」であることを表す—oneで置き換えられる
- 「ある」の意味を表す—a certainで置き換えられる(one of many)
- 「いくらかの」の意味を表す—someで置き換えられる, at a distance
- 「～につき」の意味を表す—perで置き換えられる

- 「～というのはどれでも」総称用法: 不特定の1つを想定して、それを代表例として取り上げ、その種類一般のもつ特有の性質を述べる。ただし全体を一括して述べる場合には用いない –anyと似た意味
- 序数詞の前につけて、anotherの意味—a second opinion

an は発音が母音で始まる語の前に着く。頭文字からなる略語でも同じ。—an SOS(エスオーエス), a NASA(ナサ)

無冠詞の単数形名詞は必然的に不可算名詞であり材料などを表す物質名詞になる。

## 2.2.2 定冠詞 (the)

定冠詞 the は, thatからきたもので, 特定のものを指す。

主な用法

- 既出の名詞につける。ただし既出だが、ただ1つでない場合はthis, thatを使うなどする。
- 文脈やその場の状況から、(誰にでも)それと分かる名詞につける。
- 修飾語句について特定の1つのものに限定されている名詞につける。(the only and one)
- of + 名詞、関係詞節がつく場合
- only, first, last などの形容詞や最上級がつく場合  
ただし、同種のものが他にある場合はa, anをつける
- the X theory ならば Xはその理論のための仮定や条件、または作った人の名前.  
X theory ならば Xはその理論が表す題目

- ただ1つしかないものにつける —the north, the moon  
ただし、惑星名(Venusなど)は無冠詞。これはVenusなどはその惑星の固有名詞だから。—[参考](#)  
theを付ける固有名詞
- 固有名詞がもともと複数形の場合—the Alps、the United States
- A of Bの形をちる固有名詞 —the Gulf of Mexico
- 固有名詞+普通名詞、あるいは普通名詞が省略されているもの
  - 海・川・運河
  - 海峡・半島・砂漠
  - 公共建築物 —the British Museum
  - 船舶・列車
  - 新聞・雑誌
- theを付けない固有名詞
  - 普通名詞を含まないもの(人名、天体、国名、大陸、都市名など)
  - 山、湖、島、岬
  - 建物、施設 —慣習的な例外

### 2.2.3 冠詞相当語

次の語は冠詞に相当する語であり、同時に冠詞は使わない。

- 指示名詞: this, that, these, those
- 不定代名詞: some, any, no, every, each, another, either, neither
- 人称名詞の所有格: my, your, his, her, its, our, their
- 疑問代名詞: whose, which

- 数詞: one two, three, ... など (数詞の前に定冠詞をつけることはある。—the three pigs)
- 固有名詞の所有格: Jack's, ... など (普通名詞の所有格には冠詞を付ける。—The man's wife)

#### 2.2.4 2つ以上の名詞が and や or で結ばれている場合

- 同一物(人)を指すときは最初にだけ付ける—He was a scholar and explorer. There is a red and white flower.
- 別々の物(人)を指すとき、それぞれに付ける —There are a red and a white flower
- 2つで1組になっている物は、最初にだけ付ける —a cup and saucer

誤解の恐れがなければ、一般に最初の名詞にだけつければよい。

#### 2.2.5 無冠詞・冠詞の省略

多くは慣習によって無冠詞化した。

- 官職・身分などを表す名詞
- 建造物や場所を表す名詞
- by + 交通・通信手段を表す名詞
- 食事を表す名詞
- 慣用表現
- 新聞の見出しなど

記号リスト・図のキャプション・タイトルでは冠詞を省略する場合がある。

## 2.3 接続詞 (Conjunctions)

語と語、句と句、節と節などを結びつける語。

### 2.3.1 接続詞の種類

等位接続詞

文法上対等の関係にある語と語、句と句、節と節などを結びつける接続詞。and, but, or など。

従位接続詞

主節と従位節を結びつける接続詞。従位節には名詞節と副詞節がある。

接続副詞

however, soなど、接続詞的な機能をはたす副詞。(文法上は副詞だが、ここで「接続詞」といったときは接続副詞も含める。)

### 2.3.2 等位接続詞

**and**

連結を示す。

- 「AとB」 「A, そしてB」
- 「～してそれから…する」(動作順) 「～すると…する」(因果関係をほのめかす。becauseやsinceほど言い切れない)
- 「～すれば…」 (命令文+and), (名詞+and)
- 「AとBの一組」 AとBが合体してひとつのものや概念を表す。単数扱いになる: cup and saucer
- 連續や多様さを表して、意味を強める: louder and louder

**nor**

- 「AもBも～ない」

**both A and B**

- 「AもBも」 AとBは文法上対等なもの。

**not only A but (also) B**

- 「AもBも～ない」 主語になる場合、動詞の单複はBに合わせる。

**neither A nor B**

- 「AもBも～ない」

**but**

反意・対立を示す。口語以外では文頭では用いない。

- 「だが、しかし」
- 「～ですが…」
- 「AではなくてB」 not A but B
- 「なるほど～だが…」 It is true ~, but ...

**or**

選択を示す。

- 「～かそれとも…」
- 「すなわち」

- 「さもないと」 (命令文+or), (名詞+or)
- 「AかBかのどちらか」 either A or B

### 2.3.3 接続副詞

節と節との間にはセミコロンを置くのが正式。

#### **besides, also, moreover**

この順で堅い言い方になる。

- 「その上」

#### **then**

- 「それから」

#### **however**

- 「しかしながら」

#### **nevertheless**

- 「それでもかわらず」

#### **still, yet**

- 「それでもなお」

#### **else, otherwise**

- 「さもないと」

**so, therefore, consequently, hence**

- 「それゆえ」 「したがって」 「だから」 「ので」

**that is (to say), namely**

- 「すなわち」

**for instance, for example**

- 「たとえば」

#### 2.3.4 従位接続詞

名詞節を導く接続詞

**that**

- 「～が…する/であるということ」
- that節が主語になる
- that節が補語になる
- that節が目的語になる
- that節が前置詞の目的語になる: except that ~, in that ~
- that節が同格節を導く

**whether, if**

- 「～かどうか」
- 他動詞の目的語となる節で
- 主語となる節 (whetherのみ)
- 補語となる節 (whetherのみ)
- 前置詞に続く節 (whetherのみ)
- 同格節を導く (whetherのみ)
- whether or not または whether/if ... or not.

### **lest, but that**

- 「～しはしないかと」
- 「～ではないということ」
- 「確実であることを強調する」 There is no doubt but that ...  
時・場所の副詞節を導く接続詞

### **when**

- 「～するときに」
- 「～したらその時...」 主節の後におく

### **whenever**

- 「～するたびに」

### **while**

- 「～している間に(は)」 このときのwhile節には進行形か状態動詞

が使われる

### **as**

- 「～しながら」
- 「～するとき」

### **before**

- 「～する前に」

### **after**

- 「～した後で」

### **till, until**

- 「～するまでずっと」

### **by the time (that)**

- 「～するまでに」

### **since**

- 「～して以来」 この意味のsince節には過去形、主節には現在完了か過去完了を用いる

### **as soon as, no sooner ~ than, hardly/scarcely ~ when**

- 「～するとすぐに」

**directly, immediately**

- 「～するとすぐに」

**once**

- 「一度～すれば」

**every time, each time**

- 「～するたびに」

**where**

- 「～する所に/へ/で」

原因・理由の副詞節を導く接続詞

**because, since, as**

- because: 原因や理由を新たな情報として明確に述べるための接続詞。原因・理由を述べることが主な目的の場合はbecause節をあとに、その結果を述べるのは主な目的ならばbecause節は前に持ってくる。
- since: 読み手もすでにわかっているだろうと思われることを理由として持ち出すときに使う。Since節を前に置くことがおおい。
- as: becauseやsinceよりも改まった感じが強い。時を表す場合と混同されやすい。

目的・結果の副詞節を導く接続詞

**so that, in order that**

- 「Sが～するように」 so that S can/will/could/might/would ~
- 「Sが～できるように」 in order that S may ~

**in case**

- 「～するかもしれない」

**for fear (that), lest**

- 「～しないように」
- 「～するといけないから」

**so ~ that ...**

- 「...するほど～である」
- 「非常に～なので...」 ～には形容詞か副詞を置く

**such ~ that ...**

- 「あまりにも～なので、...である」
- 「...するほど～である」 ～には形容詞+名詞を置く

**... so that, ~**

- 「...その結果～」

条件・讓歩をの副詞節を導く接続詞

**unless**

- 「もし～でなければ」
- 「～しない限り」

**in case**

- 「～する場合に備えて」
- 「もしも～の場合には」

**but that**

- 「～でないならば」

**suppose, supposing**

- 「仮に～としたら」

**provided (that), providing (that)**

- 「～である限り」

**granted (that), granting (that)**

- 「～ということは認めるとしても」 「～だとしても」

**as long as, so long as**

- 「～しさえすれば」

**although, though**

- 「～だけれども」

**形容詞/副詞+ as + S + V**

- 「～ではあるが」

**if, even if, even though**

- 「たとえ～であっても」

**when, while, whereas**

- 「～なのに」

**whether ~ or ...**

- 「～であろうと…であろうと」

**No matter + 疑問詞**

- 「たとえ～であろうとも」

**副詞節を導くその他の接続詞****as**

- 「～のように」

**as if, as though**

- 「まるで～かのように」

**as**

- 「～につれて」

**according as ~**

- 「～に応じて」

**as/so far as ~**

- 「～の限りでは」

**as long as, so long as**

- 「～する限り」「～しさえすれば」

**except (that)**

- 「～ということ以外には」

## 2.4 倒置

狭義には主語と動詞の順が逆になることを倒置というが、ここでは、語順が基本文形と異なるものすべてのことを指す。

### 2.4.1 文法上、倒置する構文

- 疑問文
- There is ... 構文

- 直接話法の伝達部で: “Aren’t you feeling well?” asked the doctor.  
(ただし必ずしも倒置しなくてもよい)
- 否定語句 (neither, nor, hardlyなど) や so, only が文頭にくるとき:  
“I’m tired.” “So am I.”
- 仮定法の動詞が were, had, should であり if を省略する場合:  
Should the ice in Antarctica melt completely, the world’s oceans could be expected to rise by about 60 meters.

#### 2.4.2 強調や文のバランスを整えるための倒置

SVC → CVS

The children who managed to leave the country are lucky.  
→ Lucky are the children who managed to leave the country.  
ただし、主語が代名詞の場合は CSV の順にすることが多い。

They are lucky. → Lucky they are.

SVO → OSV

I would never believe that sort of story.  
→ That sort of story I would never believe.  
ただし、目的語に否定語がつくと、OVS の順になる。  
Not one of these paintings would I ever wish to buy.

進行形の倒置

A stream whose water is so clear that one can see the shape and color of every stone on the bottom is running through the field.  
→ Running through the field is a stream whose water is so clear that one can see the shape and color of every stone on the bottom.

受動態の倒置

A new law that forbids employers to reduce their employees' wages on the basis of their health problem is required.

→ Required is a new law that forbids employers to reduce their employees' wages on the basis of their health problem.

SVOC → SVCO

I've named the new machine developed by the group of scientist who have been trying to build a robot with artificial intelligence Betty.

→ I've named Betty the new machine developed by the group of scientist who have been trying to build a robot with artificial intelligence.

使役動詞 SVO+do → SV+do+O

I failed to make the new machine developed by the group of scientist who have been trying to build a robot with artificial intelligence run.

→ I failed to make run the new machine developed by the group of scientist who have been trying to build a robot with artificial intelligence.

## 参考文献一覧

### 3 句読法

#### 3.1 ピリオド (Period)

ピリオド (.) は分離の記号。その主な機能は「独立した考えを分離する」こと。

ピリオドは分が主語と述部で完全に完了した後でのみ、使われる。見出しや箇条書きの項目などで完全な独立文でないものにはつけない。(箇条書きでも独立文になってる場合はつける。)

ピリオドの後にはスペースを2つ入れる。最近のワープロソフトでは1つでもよい。

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>Xだと小文字の後ろについたピリオドの後のスペースは、広めにスペースになり、大文字の後ろについたピリオドの後のスペースは通常のワード間の広さのスペースになる。よって、et al. の後のスペースは広くとられてしまうので、et al.~として字間を調節する。同様に文末が大文字の場合は、...is called NASA\null. とする。

- 慣習的に図のキャプションには、独立文であるかどうかに関わらず(単語であっても)ピリオドを付ける。
- ピリオドは小数点を表す: 0.2 など
- ドルとセントを区別する: \$6.50 など
- 番号付けした節、図、表、箇条書きなどの数字や指定語のあとにつける: Section I., Figure 2. など
- ピリオドは測定単位(inchは除く)の略語を除いて、略語の後につく。
- つく例: Fig. 1, Mr., etc.,...
- つかない例: cm, kg, ft,...
- 頭字語、短縮語にはつかない: NASA, VEx/VMC など
- inchの略語 in は語句の末尾にくる場合にはピリオドを付ける: 1 in., in/hr など
- 他の句読点とピリオドの位置
- 文末が略語の場合、ピリオドはひとつ: The mechanism was explored by Foo et al. (et al.. とはしない)
- 文末に閉じ引用符はある場合は、引用符のなかにピリオドをうつ:

Circle means “yes.” (“yes”. とはしない)

- 文末に括弧がある場合は、括弧の外にピリオドをうつ: Jet was discoverd (Foo, 2009).  
ただし、文全体が括弧の中にあるときは、括弧の中にピリオドをうつ。
- 右肩記号(superscript)が文末に来るときは、ピリオドのあとに右肩記号をつける: This is an apple.<sup>\*1</sup> (an apple<sup>\*1</sup>. とはしない)
- 文末が数学変数で累乗等がついてる場合は、ピリオドが最後。

### 3.2 コンマ (Comma)

コンマ (,) の機能は文の要素を「分離すること」と「囲い込むこと」である。技術英語では不必要にコンマを付けすぎないように注意したい。

コンマの後にはスペースをひとつ入れる。

#### 3.2.1 分離のコンマ

- 等位接続詞でつながれる独立節のとのコンマ: A is good, but B is bad.  
ただし、独立説どうしが短くかつ密接に関係している場合にはコンマは省かれる: v is velocity and p is pressure.
- 独立節が長く複雑で独立節の中にコンマが使われてる場合は、分離のコンマの代わりにセミコロンが使われる。
- 等位接続詞でないもので分離されてる場合はコンマを使わない(セミコロンならOK)。
- 共通の主語をもつ重文(これは厳密には重文ではないが)をつなぐ等位接続詞のまえにはコンマをつけない: He analyzed the data

and discoverd the fact.

- 連續のコンマ: A, B, C, and D ただし二つの場合は A and B
- 導入句(動名詞句, 不定詞句, 分詞句, 副詞句), 導入節のあとに分離のコンマ: As described above, this is...、First, However, ただし、動詞を修飾する導入句のあとにはコンマをつけない。
- 連續する形容詞が等位(andを入れられる, 逆順できる場合)につけるコンマ: This is a red, big ball. (ただし近年はコンマをつけない傾向にある)
- 省略構文(繰り返す要素を省略した文)におけるコンマ。 ただし節が短ければ省略できる: λ is the longitude, φ the latitude (繰り返す is が省略されている)
- 直接引用文、直接疑問文を分離するコンマまたはコロン: He said, "I will do it."  
間接引用文にはコンマはつけない: He said that he would do it.

### 3.2.2 囲い込みのコンマ

囲い込む対象の前後に付ける。ただし、後ろのコンマは場合によってはピリオドやコロン、セミコロンなどになる。

- 非制限的(なくても文意に影響しない)修飾句(前置詞句, 動詞句, 名詞句など)の前後につける: This means, in fact, a destruction of the rock.
- 関係代名詞(副詞)の非制限用法も上に含まれる。この場合 that は使えない。
- 関係代名詞(副詞)の制限用法ではコンマはつかない。この場合は which より that が好まれる。
- 非制限的同格のコンマ: Argon, the lightest noble gas that will lase,

was chosen for the lasant gas.

- 制限的な同格の語句にはコンマはつけない: The noble gas argon was chosen for the lasant gas.  
記号のときは非制限的でもコンマなし: the pressure p is ...
- 挿入句、修辞的副詞、対照句、中断語句が非制限的ならばコンマで囲む
- Display 数式の後に where がつづく場合はコンマ。数式の後で新しい文がくる場合はピリオド。

### 3.2.3 慣用的用法

- 日付: from January 15, 1975, to February 1, 1979.
- 地名や住所: Boston, Massachusetts, USA.
- 参考文献において特定の箇所を示すとき: see Foo et al. (2000), table 1, for summary.
- 資格、肩書き、所属など
- 氏名
- 数を3桁単位で区切る。ただし近年、技術文書ではスペースで区切るほうがよい
- i.e. や e.g. のあとに付ける: i.e.,

### 3.2.4 他の句読点とコンマの位置

- 閉じ引用符の中にいれる: “close,”
- 右肩記号(superscript)の前にコンマ: apple,<sup>\*1</sup>

### 3.2.5 制限的か非制限的か

制限的

- 時間を表す副詞節: when, whenever, after, as soon as, just as, before, since, until, whileなどで導かれる
- 態度を表す副詞節: how, just as, as, as if, as though
- 比較・程度を表す副詞節: else, other, rather, as, than
- 条件を表す副詞節: if, as though, except, provided, unless, whether
- 目的を表す副詞節: so that, in order that
- 原因・理由のbecause

非制限的

- 原因・理由を表す副詞節: since, as, inasmuch as
- 謙歩を表す副詞節: although, even, while, whereas, though
- 結果を表す副詞節: so that

どちらにもなる

- 場所を表す副詞節: where, wherever

### 3.3 コロン (Colon)

コロン (:) の機能は「リスト、節、引用文」を分離または導入することである。コロンのあとに再びコロンを使用することや大文字を使用することは望ましくない。

コロンの前にはスペースを入れず、後にはスペースをひとつ入れる。

表中にコロンを用いる場合も、コロンの前に空白を作ってはならない。

後述の慣用的な用法を除き、コロンは完全な独立文の後のみで使われる。とくに動詞または前置詞とその直接目的語の間では使ってはならない。

コロンは such as, that is, for example のような慣用的挿入句の後では使用しない。なぜなら、コロン 자체がこれらの慣用的挿入句と同じ役割を有しているから。

誤用例：Microwave instruments are used for remote sensing of environmental variables such as: sea ice, soil moisture, and surface wind speed.

修正例：Microwave instruments are used for remote sensing of environmental variables, such as sea ice, soil moisture, and surface wind speed.

修正例：Microwave instruments are used for remote sensing of environmental variables: sea ice, soil moisture, and surface wind speed.

### 3.3.1 リストにおけるコロン

- リスト項目が番号づけされる場合、その番号にはコロンはつけない。  
... are the following: A, B, and C.
- as follows: A, B, and C.
- リストの導入部が独立文でないときはコロンを使わない。(通常、動詞の後にコロンはつけない)

### 3.3.2 節におけるコロン

- 節と節をコロンでつなぐ場合は、後の節が前の節を強調あるいは詳説するときである。

この用法はダッシュとセミコロンでも可能だが、ダッシュは少しぐだけた表現であり、セミコロンは強調の度合いが弱い。

- 説明文のあとに数式で同じことを表現する場合はコロンが使われる

The velocity  $v$  is expanded by the Rossby number:  $v = v_0 + R_O v_1 + R_O^2 v_2 + \dots$

### 3.3.3 コロンの慣用的用法

- 正式な手紙の挨拶語句の後: Dear Mr. Smith:
- 時間: 11:30 a.m.
- 参考文献で
- 比を表す: 2:1 mixture

### 3.3.4 他の句読点とコロンの位置

コロンは丸括弧の後、引用符の後にうつ。

“theory”: (monkey):

## 3.4 セミコロン (Semicolon)

セミコロン (;) はコロンよりも弱い結合(強い分離)を表す。

1つの文にすると長すぎ、2つの文にするには内容が密接な場合に用いる。

### 3.4.1 等位節のセミコロン

- 等位節が接続詞によって結合されない場合は、セミコロンで結合する。

- 長く複雑な(節内でコンマが多用されてるなど)等位節を結合するときにセミコロンを用いる。
- 接続副詞による等位節の結合にセミコロンを用いる場合がある。

The differences were generally about 11 percent; however, larger differences occurred at  $\alpha = 15$ .

セミコロンは長く複雑な文で用いる。

### 3.4.2 説明句と説明説のセミコロン

- that is, namely, for example, in other words, for instance のような導入語句に続く説明節がある場合は、上記導入語句の前にセミコロンを置く。

### 3.4.3 他の句読点とセミコロンの位置

セミコロンは丸括弧の後、引用符の後にうつ。

## 3.5 引用符 (Quotation Marks)

引用符(“ ”と‘ ’)は「別の情報源や直接話法から引用された語」や「まわりの文と区別する必要のある語」を囲い込む。ただし、過度に多用されると、見づらくなる。

通常、二重引用符(“ ”)を用い、単一引用符(‘ ’)は二重引用符のなかでのみ用いる。

なお、LaTeXでは前側の引用符(“)は``(シフト+@キー)で、後ろ側の引用符は(“)''(シフト+7キー)である。

### 3.5.1 区別を必要とする語句に使う引用符

文意を明確にするため、本文から区別する必要のある語句を引用符で囲い込む。

これはイタリック体でも代用できる。

- 意味を定義する語句に引用符をつける: *The operator press the letter n to indicate “ no.”*
- 単に語句自体として使う語はイタリック体を用いる: *A colon is not used after that is, for example, or such as.*
- *entitled, the term, marked, designated, classified, named, enclosed, cited as, referred to as, signed* に続く語句は必ず引用符で囲む。
- *known as, called, so-called* の後に続く語句には(その語句がスラングなどでない限り) 引用符で囲まない。
- 標準外の用法である造語、スラング、技術用語は引用符で囲む。このような用語は初めて登場する場合にのみ通常、引用符をつける。
- タイトル・見出しなどのなかでイタリック体を使えない場合に引用符を用いる。

### 3.5.2 他の句読点と引用符の位置

- 閉じ引用符は文脈に関係なく、常にコンマおよびピリオドの後ろにつく: “foo,” “foo.”
- 閉じ引用符は常にセミコロン、コロンのまえにつく: “foo”: “foo”;
- 閉じ引用符は省略符のあとにつく: “foo ...”
- 疑問符、感嘆符は、引用文の内容の一部でなければ、閉じ引用符の後ろにつける。

### 3.6 丸括弧 (Parentheses)

丸括弧 ( ) は非制限的要素あるいは挿入要素を囲い込むためにつかわれる。

左括弧 ( の前にはスペースを入れる。閉じ括弧の後ろにはピリオドやコンマが後ろにある場合を除いて、スペースを入れる。

- 丸括弧は基本的に、文とゆるやかに結合し、文の意味を損なうことなく非制限的要素を囲い込むために使われる。  
残りの文と関係のない内容を丸括弧で挿入してはならない。
- 丸括弧は文中で項目を番号付けしたときに、数字を囲むのに使われる: (1), (2)  
箇条書きのときは括弧ではなく、数字のあとにピリオドを付ける。
- 文中の丸括弧の中に独立文が入る場合、その独立文には大文字もピリオドも不要。
- 主文の句読点は閉じ括弧の後ろにつける。ただし、コンマのあとで語を修飾する丸括弧はコンマのあとで始める。
- 文全体が丸括弧で囲まれるときは、大文字ではじめ、ピリオドは括弧の中にうつ。

### 3.7 ハイフン (Hyphen)

ハイフン (-) は語をつなぐ機能がある。ただし、恒久的な複合語は1語になる傾向がある。

なお、ハイフンの前後にスペースは入れない。

#### 3.7.1 分綴のハイフン

行末の単語が途中で切れる場合にハイフンでつなぐ。ただし語は音節間でのみ分けることができるので、勝手に切手はいけない。LaTeXだと自動でやってくれる。

分綴に関しては他にも細かな規則があるが、LaTeXは全部自動でやってくれるので、ここには記さない。

### 3.7.2 接頭辞のハイフン

- 必ずハイフンが必要な接頭辞: all-, half-, quarter-, quasi-, self-, ex-
- 固有名詞、固有名詞の形容詞形につながれる接頭辞にはハイフンを付ける: anti-Arab
- ハイフンがなければ、誤解をまねく場合はハイフンを付ける: un-ionized, re-cover, co-op, multi-ply
- ハイフンがないと読みづらい場合にはハイフンを付ける: un-uniform, post-stall, sub-subcommittee
- 母音が2つある場合は、子音が3つある場合にはハイフンを使う: micro-organism, anti-inflation
- 接頭辞 co, de, pre, pro, re は母音が2つあってもハイフンなしで用いる: cooperation, preexist
- ハイフンのついた複合語に接頭辞を付ける場合はハイフンを使う: non-civil-service position, pseudo-steady-state

### 3.7.3 接尾辞のハイフン

- 子音が3つ連続することをさけるためにハイフンを使う: shell-like, hull-less
- 接尾辞 -like が固有名詞につく場合はハイフンを使う: Nixon-like

### 3.7.4 複合語のハイフン

常用複合語のハイフンの有無は辞書で確認しなければならない。

- 前置詞句のある常用複合名詞はハイフンがつく: mother-in-law
- スペルアウトした数字はハイフンがつく: twenty-nine, two-hundred and thirty-four
- 单一文字を含むの複合名詞はハイフンがつく: X-ray
- 名詞の組み合わせがひとつのものを示す場合の一時的な複合名詞にはハイフンがつく: wing-body
- 別々の語の名詞形由来の複合動詞の能動態にはハイフンをつける: cross-brace  
受動態のときはハイフンなしで、2語になる: be cross braced
- 複合修飾語にハイフンがつく場合
- 過去分詞や現在分詞を有する場合: flight-tested model, decay-producing moment
- 複合修飾語が色を示す語の組み合わせである場合: blue-gray residue
- 複合修飾語が結合語句である場合: lift-drag ratio  
ハイフンがない場合、形容詞は最後の名詞を修飾する。  
また、名詞を修飾する名詞は单数形。
- 複合修飾語が数で始まる場合 (2つめの語の名詞は单数形): 0.3-meter tunnel
- 数-単位[单数形] (-形容詞): 40-GHz optical signals, a 6-year-old child
- 形容詞-名詞[单数形]の形の修飾語: a high-temperature process

- 名詞[単数形]-形容詞の形の修飾語: cross-section view
- 複合修飾語にハイフンがつかない場合
- 複合修飾語が述部形容詞である場合: The aircraft was flight tested.  
(例外あり: well-knownなど)
- 複合修飾語の最初の語が比較級か最上級である場合: higher order calculation
- -ly でおわる語(副詞)を含む複合修飾語: widely used parameterization
- 複合修飾語が外国語の語句である場合: a priori condition
- 複合修飾語の2番目に数が来る場合: material 3 properties
- 複合修飾語が引用符でくくられるている場合: “elliptical style” symbol list
- 化学薬品、動植物の複合修飾語: nitric oxide formation
- ハイフンを含む表現をリストする場合はハイフンを残す: early- and late-time evolution

### 3.8 ダッシュ (Dash)

ダッシュには印刷上 emダッシュ(—)と enダッシュ(–)の2種類がある。emダッシュは文字 M と同じ幅を有し、enダッシュは文字 n と同じ幅を有する。

単にダッシュと言った場合はemダッシュをさす。

ワープロソフトではemダッシュは連続した2つのハイフンで表現され、enダッシュは1つのハイフン(つまり上述のハイフンと同じ)で表される。

LaTeXではemダッシュは連続した3つのハイフン---で、enダッシュが連続した2つのハイフンで--で入力できる。

ダッシュの前後にスペースは入らない。

### 3.8.1 emダッシュ

ダッシュは文の要素を囲い込むあるいは分離するために使われる。

ダッシュはたまに使えば、効果的だが、多用すると文の明確さを失ってしまう。

#### 囲い込みのダッシュ

囲い込みのコンマと同じ用法で使用することができる。コンマが多用されて読みにくくなる場合に使う。

囲い込みのコンマ、ダッシュ、丸括弧は違いは

- コンマ: 最もよく使われるが、「挿入された考え方」と「文の残りの部分」を分離する力は弱い(結合がつよい)。
- ダッシュ: 囲い込まれた要素を強調する。囲い込まれた要素のなかにコンマが使用される場合はダッシュをつかうと文が明確になる。
- 丸括弧: 囲い込まれた要素を強調しない。分離する力が強い(結合がよわい)。

#### 分離のダッシュ

- その前にある語のグループとそれらを表す代名詞を分離する:  
Argon, xenon, krypton, and neon—these are the possible choices of...
- 箇条書き項目をその説明文と分離する: 1. Air—The 600-psi system can deliver... 2. Cooling water—The closed-loop system...

- 節と節をダッシュでつなぐと、後の節が前の節を強調あるいは詳説する。ダッシュは少しだけた表現である

文の後で *for example*, *that is*, *namely*などで説明や要約等を続ける場合、*[~, that is, ...] < [~; that is, ...] < [~—that is, ...]* の順で強調の度合いが強くなる。

### ダッシュの慣用的用法

- タイトルとサブタイトルを分離する: *Large Space Systems Technology—1984* (囲い込まない)
- 漠然とした広い範囲の日付を示す場合に使われる: *1974—*

#### 3.8.2 enダッシュ

enダッシュは慣用的用法で用いられる。

- 連続する数: *pp. 235–237*
- 連続する日付: *Oct. 1975–Jan. 1976*
- enダッシュは *between A and B* や *from A to B* の構文では使わない。
- 同等の語句をつなぐ: *air–sea interaction*
- 2語同士の語句をつなぐ
- ハイフンでつながれた複合語をつなぐ

enダッシュはマイナス記号と同じものである。

ただし LaTeX では Math モード内では – でマイナスが出力される。すなわち、Math モード以外でマイナス記号を出力するときは -- と入力する。

### 3.9 スラッシュ (Slash)

スラッシュ (/) は分数、毎を表す以外には and/or のようにスラッシュの使用が標準となっている場合のほかは使用しないほうがよい。これはスラッシュの意味が厳密に定義されてないからである。

スラッシュの前後にスペースは入れない。

### 3.10 イタリック体 (Italics)

イタリック体 (italics) には強調する要素を文章から区別するために用いられる。

#### 3.10.1 強調のイタリック

多くの場合はイタリックにして強調するよりも、構文で強調した方がよい。

また、文全体をイタリックにすることは避けるべきである。

#### 3.10.2 専門用語のイタリック

主題であるキーワードや専門用語を定義するのに最初に使用するときには、イタリック体がよく使用される。

#### 3.10.3 差別化のイタリック

その語の意味を表すのではなく、その語自体をあらわすときにイタリックが使用される。

#### 3.10.4 記号のイタリック

省略。

### 3.10.5 句読点のイタリック

句読点はそれが属する要素の書体にあわせる。

これらの句読点はローマン体

For light amusement he turns to the Principia Mathematica!

How can they be sure that the temperature was in fact rising?

The letters a, b, and c are often invoked as being fundamental.

I had yet to consider the central thesis of Malthus's Essay: the imperfectibility of humankind.

これらの句読点はイタリック体

The Beatles' Help! was released long before the heyday of the music video.

I love Eats, ShootsLeaves, but I would have preferred to see “and” in the title rather than the ampersand—which would allow for a serial comma after “Shoots.”

### 3.11 スペース (Space)

- 数値と単位の略語との間にはスペースを1つ入れる: 5 V, 50 mm long  
ただし、数値+単位を名詞の前に置くときはハイフンでつなぐ:  
5-V operation, 50-mm-long device
- 数値と単位の記号との間にはスペースをいれない: \$10.00, #2, 6",  
50°C 20%
- 数式の等号、不等号の前後にはスペースを1ついれる:  $x = y + 1$
- グラフの軸の変数名と単位の間にスペースを1ついれる
- ラベル名 (Fig. など) と数字の間にスペースを1ついれる: Figure 3,  
Fig. 3

- リスト、章立ての数字、文字の(ピリオドの)後にスペースを1つ  
または2ついれる: 1. Introduction
- 参考文献欄では、
- 名前のファーストネームのイニシャルとファミリーネームの間
- Vol. のあと
- No. のあと
- pp. のあと
- Sept. などのあと  
にスペースをいれる。
- 段落はじまりの字下げはスペース5つ。(章や節の最初の段落は通常、字下げしない)

### 3.12 番外編：日本語横書き文書の句読点

日本語横書きの文書での句読点は

1. カンマ「，」とまる「。」：文科省基準 (e.g., 検定教科書、日経サイエンス)
2. カンマ「，」とピリオド「.」：理科系の論文に多い (e.g., 天気、専門書)
3. てん「、」とまる「。」：マスコミ基準 (e.g., 新聞、雑誌)

の3つの様式が存在する。

上のように書くと、1. の文科省基準が「正式」のような感じを受けるが、実際には政府刊行物でも 基準 3. で書かれているものがあり、統一されてない。

これらの使われ方に関して調査・考察した 九州大学大型計算機センター・研究開発部の渡部 善隆氏の “横書き句読点の謎” が面白

い。

普段、最も目にするのは 基準 3. じゃないかと思う。おそらく、日本語入力システムのデフォルトが、「てん」と「まる」になつてるからじゃなかろうか。

## 参考文献一覧

# 4 数学・数式の展開

## 4.1 対応語句

### 4.1.1 動詞

定義する: define

AをBで置き換える: replace A with/by B

AをBという記号で表す: designate A as/by B

表す, 与える: express, give, provide

組み合わせる: combine

消去する: eliminate

適用する: apply

計算する: calculate, compute

～に等しい: is equal to ~

～と同様である: is similar to ~

考える: consider

一般化する: generalize

整合する, 対応する, 一致する: coincide with

無視する: neglect

A を 式(1) に代入する: insert A into (1), substitute A into (1)

A の代わりに B で置き換える(代用する): substitute B for A

展開する: expand, develop

導入する: introduce

得る: obtain

適用できる, 成り立つ: hold

～と関係する: is related to ~

～のことを言う: refer to ~

最適化する: optimize

$\Delta x \rightarrow 0$  のとき  $f(x)$  に収束する: converge to  $f(x)$  as  $\Delta x \rightarrow 0$

$A + B = C$ : A plus B equals C. A and B make/are C. The sum of A and B is C. Add B to A.

$A - B = C$ : A minus B equals C. B from A leaves C. The difference of A and B is C. Subtract B from A.

$A \times B = C$ : A times B equals C. Multiply A by B. A multiplied by B is/makes C.

$A^2 = B$ : A squared is B.

AとBの積: the product of A and B

$A \div B = C$ : A divided by B equals C.

AとBの商: A divided by B, the quotient of A and B

yをxで微分する: differentiate y with respect to x

yのxによる偏微分: partial derivative of y with respect to x

積分する: integrate

xのaからbまでの積分: the integral from a to b of x

xをn乗する: raise x to the nth power

xとyの関数である: is a function of x and y

方程式を解く: solve an equation

式を再整理する: rearrange the equation

～に比例する: is in proportion to ~, is proportional to ~

～に反比例する: is in inverse proportion to ~, is inversely proportional to ~

$10^{-4}$ のオーダーである: is of the order of  $10^{-4}$

高次の項を無視する: ignore/disregard the higher order terms

Aの上限(下限): an upper (lower) bound on A

その方程式の数値積分: numerical integration of the equation

その方程式の解: the solution of/to the equation

式 (1) の形の～: of the form (1)

方程式系を構築する: develop a system of equations

仮定に反する: contradict the assumption

#### 4.1.2 名詞

関数: function

有効数字: significant figure

変数: variable

( ) 括弧: parentheses

括弧: brackets

{ } 括弧: braces

分数: fraction

分母: denominator

分子: numerator

被積分関数: integrand

約分: reduction

比例定数: constant of proportionality

多項式: polynomial

境界条件: boundary condition

初期条件: initial condition

差分法: finite difference method

有限要素法: finite element method

行列: matrix

行列式: determinant

固有値: eigenvalue

連立方程式: simultaneous equations

変分原理: variational principle

最小二乗法: least-squares method

数値計算: numerical calculation

シミュレーション: simulation

数値積分: numerical integration

不等号の向き: sense of the inequality

## 4.2 例文集

- Let us consider a given A-B alloy. (あるA-B合金を考えてみよう。)
- Consider an A-B binary system. (A-B二元系について検討しよう。)
- Let us consider the transfer of one mole of a solute from the bulk of a phase to its interface with another face.
- Let a solution contain components A, B, C, ... with the mole fractions  $x_A, x_B, x_C, \dots$
- The ordinary partition function of an ensemble is defined by the expression below.
- An ideal solution has been defined as one in which the activities of its components are proportional to their mole fractions.
- The equation is expressed in terms of some basic physical quantities.
- The last equation gives ~
- (By) combining equations (1), (2), and (3), we get equation (4).
- (By) inserting (1) into (2), we obtain the entropy of mixing.
- Substitution of Eqs. (1) and (2) in Eq. (3) leads to Eq. (4).

- we may assume that  $f(x,y,z)$  can be developed into a Taylor series with respect to the mole fractions  $x$ ,  $y$ , and  $z$ , of the solutes.
- Equation (1) is similar to the virtual equation of stat for a gas.
- It is possible to generalize Eq. (2) by writing it in from  $\sim$ .
- Coefficients in a volume series are related to those in a pressure series by eq. (3).
- the equations chosen to fit the data were optimized to give the following expression.
- By using Guggenheim's maximum term method, the summation in the above expression can be replaced by the maximum term in the series.
- Neglecting the concentrations in the gas phase, we obtain the reduced adsorption as the next equation:
- Let us designate/express/represent by  $\zeta$  the fraction of surface sites occupied by the solute.
- The mixture is designated/expressed/represented by the formula A.
- Elimination of A between these two equations gives the next expression.
- Applying the mass action law to the above equation, we have found the following relationship.
- For simplicity, we introduce a drastic assumption about the structure of a liquid.
- Let us now consider equilibrium between a liquid and a gaseous phase.

- Finally, combining eq. (1) and eq. (2), we obtain/have  $\sim$ .
- The equation holds for solid metals.
- The subscripts 1 and 2 refer to the components
- Taking the limit  $x \rightarrow 0$ , it follows that the function satisfies the condition.
- The possibility of  $\sim$  can be avoided by using  $\sim$

### 4.3 Tips

この場合、式 (1) は複数とする。すなわち equations (1) とする。

## 参考文献一覧

## 5 地球物理関連

### 5.1 対応語句

#### 5.1.1 動詞

Aを一ヶ月間平均する: average A for a month

#### 5.1.2 名詞

10 m/s の速さ: a speed of 10 m/s

帯状平均子午面断面: zonally averaged cross section

極から来た冷気: the cold air of polar origin

東への冷気(暖気)の移流: cold (warm) advection to the east

物理的に意味のある解: physically relevant solution

静止状態: a state of rest

等温静止状態: a state of rest and constant temperature/ a state of rest at/with constant temperature

統計的 平衡/定常 状態: statistically steady state

### 5.1.3 形容詞

時間平均されたA: time-averaged A, time-mean A

## 5.2 例文集

- aaa

### 5.3 Tips

[参考文献一覧](#)

## 6 つなぎ言葉

### 6.1 発生順: まず最初に

first

順番が最初

firstly

used to introduce a first point of reason

e.g., Firstly it is wrong and secondly it is extremely difficult to implement.

at first

in the initial stage or stages、時間的に最初

in the beginning

initially

at first

e.g., Initially, he thought the new concept was nonsense.

### 6.2 発生順: 次に

then

at that time, after that: 時間的にあとである必要がある。

later on

at a time in the near future

soon

in or after a

thereupon

immediately or shortly after that

e.g., He thereupon returned to Moscow.

meanwhile

in the intervening period of time

next

coming immediately after the time of writing or speaking.

coming immediately after the present one in order or

in turn

one after the other: 交替で

### 6.3 発生順: 結局

finally

after a long time, typically involving difficulty or delay. used to introduce a final point or

in the end

eventually or on reflection

eventually

in the end, esp. after a long delay, dispute, or series of problems

e.g., Eventually, after midnight, I arrived at the hotel.

### 6.4 同時生起

at the same time

1 simultaneously.

2 on the other hand

while

1 during the time that; at the same time as

2 whereas (indicating a contrast)

simultaneously

occurring, operating, or done at the same time

## 6.5 付加

and

also

in addition; too

again

another time; once more

furthermore

in addition; besides (used to introduce a fresh consideration in  
an argument)

moreover

as a further matter; besides

in addition

as an extra person, thing, or circumstance

besides

in addition to; apart from 口語的

as mentioned earlier

in (point of) fact

used to emphasize the truth of an assertion, esp. one contrary  
to what might be expected or what has been asserted :

## 6.6 説明

that is (to say)

a formula introducing or following an explanation or further clarification of a preceding word or words.

述べたことの説明を始めるために使われる  
in other words

expressed in a different way; that is to say.

thus

1 as a result or consequence of this; therefore.

2 in the manner now being indicated or exemplified; in this way

namely

that is to say; to be specific (used to introduce detailed information or a specific example)

すでに(曖昧または間接的に)述べたものを名指ししたり、具体的にしたり、同じものであることを述べる(コメントする)。namelyの後に続く語は読み手が既に知っていて、推察可能な語が来る。

especially

used to single out one person, thing, or situation over all others 文節を修飾しない

particularly

1 to a higher degree than is usual or average.

2 so as to give special emphasis to a point; specifically

in particular

特に, 特別に (ふつう焦点の当てられた語句の直後に置かれる) ; 詳細に (↔ in general)

generally

1 in most cases; usually.

2 in general terms; without regard to particulars or exceptions

certainly

undoubtedly; definitely; surely  
altogether  
completely; totally • including everything or everyone; in total :  
he had married several times and had forty-six children  
altogether. • [ sentence adverb ] taking everything into  
consideration; on the whole :

evidently

1 plainly or obviously; in a way that is clearly seen or  
understood.  
2 [ sentence adverb ] it is plain that; it would seem that  
specifically

1 clearly defined or identified • precise and clear in making  
statements or issuing instructions : when ordering goods be  
specific. • belonging or relating uniquely to a particular subject

## 6.7 部分変更

incidentally

1 [ sentence adverb ] used when a person has something  
more to say, or is about to add a remark unconnected to the  
current subject; by the way

by the way

1 incidentally (used to introduce a minor topic not connected  
with what was being spoken about previously)

alternatively

[ sentence adverb ] (of one or more things) available as  
another possibility

## 6.8 関連・関心・例外

in this respect

in this regard

in connection with the point previously mentioned

in regard to

with reference to this

in relation to; as regards

aside from

apart from.

例外に言及はするがそれほど重要なものではないという意味  
合い。

apart from

1 except for

2 in addition to; as well as :

例外に言及はするがそれほど重要なものではないという意味  
合い。

except for

例外の存在の重要さを強調する意味合いで使うことがある。

except for = with the exception of

(用法1) [ある性質Aで特徴付けられる物事の類] +, except for +  
[その類に属しているにも関わらず、性質Aを持っていない物  
事] +, [性質A]

(用法2) [全般的な状況の説明] +, except for + [全般的な状況の  
一貫性を破る物事]

上記の用法以外では他の前置詞を用いる。

excepting, but (for), bar

それら例外を別にすれば一般論が成り立つという積極的な主  
張。exceptingは改まった語で, butはもっぱらnone, nothing,  
all, anyoneなどのあとで用いられる。

in every part

on the basis of

副詞句で、一般に動詞を修飾するために用いられる。はっき

りとした論理的つながりが必要。

based on

形容詞句なので、必ず名詞を修飾しなければならない。はつきりとした論理的つながりが必要。

in reference to, with respect to

参考にして

using

利用して

## 6.9 比較

likewise

1 in the same way; also • used to introduce a point similar or related to one just made

2 in a like manner; similarly

similarly

[ sentence adverb ] used to indicate a similarity between two facts or events.

in the same way

on the one hand / on the other hand

used to present factors that are opposed or that support opposing opinions. 対で用いるのが普通。

文A. On the other hand, 文B. このとき AとBは同じ主題にたいして、異なる見方を示さなければならない。

in/by contrast

必ず同種のものを対比する

as compared with

## 6.10 例示

for example

used to introduce something chosen as a typical case  
for instance

for instance as an example  
to give an example for  
to illustrate  
in particular

especially (used to show that a statement applies to one  
person or thing more than any other)

especially

1 used to single out one person, thing, or situation over all  
others

2 to a great extent; very much

文節を修飾しない

in this way

in what follows

namely

that is to say; to be specific (used to introduce detailed  
information or a specific example)

すでに(曖昧または間接的に)述べたものを名指ししたり、具  
体的にしたり、同じものであることを述べる(コメントす  
る)。namelyの後に続く語は読み手が既に知っていて、推察可  
能な語が来る。

that is

a formula introducing or following an explanation or further  
clarification of a preceding word or words  
述べたことの説明を始めるために使われる

## 6.11 理由・原因

because

for the reason that; since 文中でつかうときはコンマ不要。

原因や理由を新たな情報として明確に述べるための接続詞。

原因・理由を述べることが主な目的の場合はbecause節をあとに、その結果を述べるのは主な目的ならばbecause節は前に持ってくる。

since

1 in the intervening period between (the time mentioned) and the time under consideration, typically the present

2 [ conj. ] for the reason that: because

3 [ adv. ] ago

読み手もすでにわかっているだろうと思われることを理由として持ち出すときに使う。Since節を前に置くことがおおい。

for this reason

on account of

because of

because of

on account of; by reason of

of につづく名詞は“理由を生み出すもの”であって理由(reason)そのものではない。

owing to

because of or on account of :

this is attributed to A

this is due to A

1 caused by or ascribable to

2 because of; owing to

A results from B

B results in A

this arises from

this originates from

this is caused by

this is an explanation of why...

take account of A

consider a specified thing along with other factors before reaching a decision or taking action.

take A into account of

同上

A yields that

## 6.12 結果・帰結

so

therefore

for that reason; consequently. 前の文(節)の内容が、後の内容を行うとなる理由をあらわす。A文. B文. C文. (A, B, Cの内容)ゆえにD. のような使い方はできない。

consequently

as a result. 状況に対して使用される。

hence

1 as a consequence; for this reason

2 in the future (used after a period of time)

3 (also from hence) from here

論理的な「自然な脈絡」 = as an inference, as a deduction, it is implied that, it follows that

thus

1 as a result or consequence of this; therefore

2 in the manner now being indicated or exemplified; in this way

3 [as submodifier] to this point; so

as a result

(前文の) 結果として。状況に対して使用される。

## as the result

(前文の) 結果として。具体的なもの(数式なども含む)に対して使用される。

this shows

this indicates

it follows

on this basis

arising out of this

thereby

by that means; as a result of that :

according to A

as stated by or in • in a manner corresponding or conforming to • in proportion or relation to.

Aは必ず名詞で、以下の3つが正しい用法で、これら以外の意味の「によって、によれば、に従って」の訳語としては使えない。どうせなら、下記の同義表現を用いるべき。

in keeping with, in agreement with ~と合致して

as stated by, on the authority of ~で表明された通りに

in the manner determined by ~で定義された通りに

accordingly

1 in a way that is appropriate to the particular circumstances

2 [ sentence adverb ] consequently; therefore

in consequence

as a result.

due to A

1 caused by or ascribable to

2 because of; owing to. 形容詞句である。名詞を修飾する。

owing to A

owing to because of or on account of これは副詞句。

for this reason

for the reasons stated/mentioned above

上記の(複数の)理由により

## 6.13 反対・対称

but

1 used to introduce something contrasting with what has already been mentioned

however

1 used to introduce a statement that contrasts with or seems to contradict something that has been said previously

副詞であり、接続詞ではない。よって文節をつなぐことはできない。セミコロンで文と文をつなぐことが多い。

conversely

introducing a statement or idea that reverses one that has just been made or referred to

instead

as an alternative or substitute

nevertheless

in spite of that; notwithstanding; all the same

in spite of that

without being affected by the particular factor mentioned

despite

without being affected by; in spite of

前置詞であり、接続詞ではない。

oppositely

1 [ attrib. ] having a position on the other or further side of something; facing something, esp. something of the same type

on the one hand / on the other hand

used to present factors that are opposed or that support opposing opinions. 対で用いるのが普通。

文A. On the other hand, 文B. このとき AとBは同じ主題にたいして、異なる見方を示さなければならない。

on the contrary

in/by contrast

必ず同種のものを対比する

contrary to this

whereas

in contrast or comparison with the fact that

unlike

dissimilar or different from each other

## 6.14 讓歩

though

despite the fact that; although

although

in spite of the fact that; even though

even though

despite the fact that

but

however

1 used to introduce a statement that contrasts with or seems to contradict something that has been said previously

副詞であり、接続詞ではない。よって文節をつなぐことはできない。セミコロンで文と文をつなぐことが多い。

conversely

introducing a statement or idea that reverses one that has just been made or referred to

instead

as an alternative or substitute

nevertheless

in spite of that; notwithstanding; all the same

notwithstanding

anyhow

1 another term for anyway.

at any rate

whatever happens or may have happened • used to indicate that one is correcting or clarifying a previous statement or emphasizing a following one

that being so

## 6.15 結論

in conclusion

lastly; to sum up

as a conclusion

to conclude

conclusively

serving to prove a case; decisive or convincing :

finally

after a long time, typically involving difficulty or delay • as the last in a series of related events or objects • [ sentence adverb ] used to introduce a final point or reason • in such a way as to put an end to doubt and dispute

to sum up

give a brief summary of something

in sum

to sum up; in summary

in summary

in short

in a word

briefly

in short

to sum up; briefly :

to make a long story short

## 6.16 目的

so that...

in order that...

with the intention; so that

so as to

in order to do something

in such a way that...

in such a way as to

## 6.17 指摘

It should be pointed out that

Note that

Bear in mind that

It is notable that

It is noteworthy that

It should be emphasize that

We should be keep in mind that

## 6.18 類似

similarly

[ sentence adverb ] used to indicate a similarity between two

facts or events :

likewise

- 1 in the same way; also• used to introduce a point similar or related to one just made
- 2 in a like manner; similarly

## 6.19 場合

in the case that, in the situation that, for the case that

場合の意味で用いる。

## 6.20 文頭表現

- As previously mentioned, ...

## 6.21 例文集

- sentence

## 6.22 Tips

[参考文献一覧](#)

# 7 未分類

## 7.1 対応語句

### 7.1.1 動詞

生じる、起こる: originate

### 7.1.2 名詞

流体力学で現れる多くの偏微分方程式: Many of the partial

## differential equations arising in fluid dynamics

### 7.1.3 形容詞

前の: preceding

### 7.1.4 副詞

徐々に: progressively

## 7.2 例文集

- As illustrated in Fig. 5, in which the numerical solutions are recalculated after reducing  $\Delta t$  by a factor of four, the speed of the solution is not ....
- It is helpful to review the sense in which discontinuous functions constitute solutions to partial differential equations.

## 7.3 Tips

[参考文献一覧](#)

## 8 マーク・ピーターセンの教え

ここでは、マーク・ピーターセンの著書

- “日本人の英語”, 岩波新書, 1988
- “続 日本人の英語”, 岩波新書, 1990
- “日本人が誤解する英語”, 光文社, 2010

の教えを暫定的にメモしておく。

### 8.1 冠詞に名詞がくっついている

英語の発想では、「ある名詞に適した冠詞は何か？」と考えるのではなく、「名詞が何であるかを考える前に『冠詞』は何か？」を考える。

すなわち、冠詞の使用不使用/单複は文脈がすべて。

- 考えてる文脈において「それ」は書き手と読み手で共有している話題のもの or 唯一のもの or 修飾語句で限定されて唯一となったものか？
- YES → the + 单数形 or 複数形
- NO → 「それ」は具体的に決まった形のあるものか？数えられるか？
- YES → 個数に応じて a (an) + 单数形 または 無冠詞複数形
- NO → 無冠詞不加算名詞
- (注) このチャートで NO → NO とたどって、当初思い浮かべていた名詞が純粹可算名詞ならば、必ず適切な別の不可算名詞がある。例: machine/machinery

## 8.2 関係詞のテクニック

前置詞 + 関係代名詞 あるいは 関係副詞を使うと英文らしさが上がる。

### 8.2.1 関係詞と先行詞が離れてしまうときの対処法

関係詞がかかる先行詞は文法上は原則、関係詞の直前にくる。それでも関係詞と先行詞が離れてしまうときは以下の方法で対応する。

先行詞を再掲する

× The problems for foreigners of conducting research at the

major Japanese universities, which are well known to most visiting scholars, are numerous and deep-rooted.

- The problems for foreigners of conducting research at the major Japanese universities, problems which are well known to most visiting scholars, are numerous and deep-rooted.

and つなぎ、複文にする

× The lyrics of that song were written on a word processor, whose appeal mainly depends on clever rhyming and puns.

- The lyrics of that song were written on a word processor, and their appeal mainly depends on clever rhyming and puns.

態を変える

- A word processor was used to write that song's lyrics, whose appeal mainly depends on clever rhyming and puns.

### 8.2.2 前節全体が先行詞とする which

× Almost no funding is available now for basic research, which is surely the result of shortsighted government policies.

- Almost no funding is available now for basic research, which situation is surely the result of shortsighted government policies.

### 8.3 主語と動詞が離れすぎている受動態の対処法

主語が長く、動詞と離れすぎた文はとても読みにくい。

× A virus which is believed to be responsible for a disease similar to AIDS in cats was discovered.

能動態にする

- We discovered a virus believed to be responsible for a disease similar to AIDS in cats.

動詞の名詞化 + 修飾句と動詞の倒置

- Discovery is reported of a virus believed to be responsible for a disease similar to AIDS in cats.

### 主語と動詞の倒置

- Discovered is a virus believed to be responsible for a disease similar to AIDS in cats.

間に別の名詞が入らないように気をつけて、動詞を関係代名詞の前にもってくる

- A virus is discovered which is believed to be responsible for a disease similar to AIDS in cats.

## 8.4 副詞の誤用

- Especially, …を文頭でつかってはならない。In particular, …はOK。
- accordingly は「～に応じて、合わせて」、consequently は「～の当然の結果として」の意。
- Therefore, … は大げさすぎるため、カンマは不要との主張。（ただし、“Eloquent Science”にはコンマはつけると言っている。） therefore は必然を表す固い因果関係。そうでなければ、and で十分。

## 8.5 時制

### 現在形

「現在の状態」を表す。動作動詞の場合、「その動作を行う習慣=状態」を表す。

### 現在完了形

この瞬間に行われている動作を表す。

口語では、「前から決まっている予定」を表すこともある。

### 現在完了形

「過去のある時点から、現在まで続いている(繋がっている)こ

と」を表す。

現在完了進行形

現在完了よりも臨場感が強い表現。

過去形

現在とは切り離された、過去の世界の話。

過去完了形

過去のある時点から、過去の別の時点までの話。

過去(完了)進行形

いずれも臨場感が増す。

未来形(will)

未来の話。

be going to ~

前もって決まっていた未来の予定を表す。

## 8.6 仮定法

- would が使われているときは「条件節の省略された仮定法」である。

### 8.6.1 願い: wish と hope

wish は事実と反すること・実現不可能なことを願い、実際はそうでないことを表す。

hope は実際にあり得ることに対する願いを表す。実際どうなるかは分からない。

## 8.7 使役動詞

make ~ do ...

無理やりにさせる場合。 = force ~ to do ...; compel ~ to do

...

let ~ do ...

相手の望み通りにさせてあげる場合。 = allow ~ to do ...;  
permit ~ to do ...

have ~ do ...

頼みさえすれば当然それをしてもらえるという前提・意識で  
させる場合。 = tell ~ to do ...; order ~ to do ...

get ~ to do

してほしいことを、なんとかして、させるようにしむける場  
合。 = persuade ~ to do ...; convince ~ to do ...

## 9 科学英語論文における時制

ここでは、科学英語論文を書くさいに、我々を悩ませる「時制」についてまとめる。

なぜ、「時制」が悩ましいかと言うと、これと言ったルールがなく、参考書によって意見が異なっているからだ。よって、ここではまず、以下の文献にて記述されている時制の使い分けを記す。

### 参考文献

- “英語で書く科学・技術論文”, 谷口滋次 飯田孝道 田中敏宏 John D. Cox, 東京化学同人, 1995
- “How to Write and Publish a Scientific Paper 6th edition”, Robert A. Day and Barbara Gastel, Cambridge University Press, 2006
- “世界に通じる科学英語論文の書き方—執筆・投稿・査読・発表”, R・A・デイ B・ガステル著 (美宅成樹 訳), 丸善, 2010 (上書の訳  
書)
- “ポイントで学ぶ科学英語の効果的な書き方”, 小野義正, 丸善, 2008
- “NASA SP-7084 1998 ハンドブックに学ぶテクニカルライティング

グ”, メアリ・K・マカスキル(片岡秀樹 訳・解説), 京都大学学術出版会, 2009

- “ELOQUENT SCIENCE”, David M. Schultz, American Meteorological Society, 2009
- “ENGLISH for Writing Research Papers”, Adrian Wallwork, Springer, 2011

## 9.1 様々な時制解説

### 9.1.1 “英語で書く科学・技術論文”の時制解説

- 数値計算や実験などを行ったのは過去のことだから、過去形または現在完了形。
- 得られた結果や結論は、一般に再現性があるものだから、現在形。
- ただし、1回しか起きなかった場合のように再現性がなければ、過去形。
- 図や表などを示し、その内容に関して記述する際は、現在形。

### 9.1.2 “How to Write and Publish a Scientific Paper 6th edition” (訳書“世界に通じる科学英語論文の書き方—執筆・投稿・査読・発表”)の時制解説

- 既に出版された科学論文は「一般的な知識」と見なされるので、先行研究を引用する際は、現在形をもちいる。
- これは“The Earth is round.” のように「一般的事実」の扱いと同じ。
- ただし、以前に発表された研究結果が、後に間違いだと証明され

た場合は、過去形をもちいる。

- 自分自身が現在行っている仕事は、過去形で述べる。これは、その仕事は出版されるまでは、確立した事実とみなされないから。
- ただし、過去の自分の研究論文を引用する際は、上記の「一般的知識」と見なされているので、現在形で述べる。
- Abstractは、自分自身の現在の研究を述べているので、過去形。
- Materials and Methods、Resultsの節でも自分自身の現在の研究で、何をしたか、何を発見したかを記述しているので、過去形。
- 一方、Introduction、Discussionの多くは、既に確立した知識を強調していることが多いから、現在形で書くことが多い。
- ただし、“Smith (2009) showed that ...”のように過去の研究を引用する際は、過去形が正しい。
- “Table 4 shows that ...”のような、図表の内容記述は現在形。
- 計算や統計解析の結果を記述する場合は、計算の対象の記述が過去形だとしても、現在形で表現する。

### 9.1.3 “ポイントで学ぶ科学英語の効果的な書き方”の時制解説

基本は現在形。終わったことは過去形。終わってるけど、今もそれについて考えることは現在完了形。

現在形: 科学的真理

- 一般的事実(不变の真理と思われるもの)
- 文中の図表・データの説明  
ただし、“Figure 1 shows that the reaction rate increased with increasing concentration of A.”のように、図が示す結果が過去に得られたものの場合、that 節内は過去形。

- 数式、実験装置の説明、操作手順  
“We developed an SEM that uses higher electron density to increase resolution.” ここで、SEMを開発したのは過去のことなので、過去形だが、that 以下は現在でも真実なので、現在形になる。逆に uses を過去形にすると、現在では高い電子密度を使用していないことを意味する。  
ただし、モデル構築の際の仮定、実験を行った操作などについて述べるときは、過去形にする。
- 自分の研究結果から得られた結論、解釈、仮説  
“From these results, we conclude that the reaction rate increase with increasing temperature.” 自分の論文で結論を出しつつあるので、現在形 conclude をつかう。また、じぶんが今、真実だと思っていることを結論するので、that 節内も現在形をつかう。
- IntroductionやDiscussionでは、すでに確立した知識を強調することが多いので、現在形にすることが多い。
- ただし、“Einstein stated that mass is converted to energy.” は正しく、この場合、時制の一貫性は適用しない。

過去形: 研究のために手を動かしたこと(実験・数値計算など)

- 自分の行った実験方法、材料、器具の記述  
“Scanning tunneling microscope was used to image the Si(100) surface morphology.” 逆に、これを現在形にすると、一般的な事実だと思われる。
- 今書いてる論文で発表する自分の研究の結果の記述  
“The reaction rate was stable when the temperature was less than 25°C.” 過去形にすることで、これが書き手の研究の結果であることが分かる。

- 先行研究の成果の引用。(その内容は確立された知識とみなされ、現在形にする。)

“Jones (1997) reported that g form of the compound is the active component.”

現在完了形: 過去に行われたけど、本研究に強く関連すること。

- 「今やったばかりのことだ」という気持ちをあらわす。

#### 9.1.4 “NASA SP-7084 1998 ハンドブックに学ぶテクニカルライティング”の時制解説

以下の論説の4要素によって時制を決める。

- 解説（物事がどのようにして、なぜ起こるのかを説明する。） → 現在形
- 叙述（何が起きたかを述べる） → 過去形
- 描写（図表によりイメージを与える） → 現在形
- 論拠（理由を挙げることによって納得させる） → 現在形

具体的な指針は以下の通り。

- Summary は通常、過去形で書く → 2. 叙述
  - 過去の研究は通常、過去形で書く → 2. 叙述
  - 恒久施設は現在形で書く → 1. 解説
  - 特定の研究のための実験手順および装置は通常過去形で書く → 2. 叙述
  - 図表に示された結果は現在形で書き、研究した試験品、試料等の挙動は過去形で書く → 3. 描写、2. 叙述
- “Typical fracture profiles are shown in Fig. 2. These profiles show that fracture mode changed with cyclic exposure.”

- 結果の理由は現在形で述べる → 4. 論拠  
“The data failed to provide any reasonable estimates for Cnr. This failure can be attributed to the small excitation of yawing velocity.”
- Abstract は通常現在形で書く。 → 1. 解説

### 9.1.5 “ELOQUENT SCIENCE” の時制解説

- 科学的事実の記述は、現在形。  
“Icepellets are frozen raindrops.”
- 過去の出来事(events)は、過去形。  
“On 12 December, 23 cm of snow fell.”
- 図表、計算を参照するときは、現在形。  
“the values are statistically significant.”
- 動作・行動が過去に始まって、現在も続いていることは、現在完了形。  
“the model has been developed.” (注: この develop は「開発する」の意の他動詞でここでは受動態)
- 動作・行動が過去に始まって、現在も続いており、将来も続く場合は、現在完了進行形。  
“the model has been developing.” (注: この develop は「発展する」の意の自動詞でここでは能動態)
- 論文内で後述されることを予告するときには、未来形または現在形。  
“Section 3 will discuss ...”、“Section 3 discuss ....”
- 自分自身の今の研究 (特にMethods and Results) が過去形で記述されるべきか、現在形で記述されるべきかは意見が分かれている。

- 大多数の著者は、過去形をもちいる。その理由は、その仕事が行われたのは過去であるから、さらに、仮に将来の研究で異なる結果が出ても、その記述(statement)は正確でありつづけるから。
- しかし、現在形をもちいる著者もいる。その理由は、出版される論文は過去のもの/終わったこと(published articles are in the past)なので、その結論は事実を表しており、現在形で議論されるべきだから。

### 9.1.6 “ENGLISH for Writing Research Papers”の時制解説

状況別に使用される時制は以下の通り。

#### Abstracts

- 現在形を使用すると、力強く、説得力があるように感じさせる。
- 発見したこと、到達したことについて述べる際は、過去形にするのが標準的。現在完了を使う著者もいる。
- 背景を説明する際に、「過去に始まって今も続いていること」を説明する際は、現在完了または現在完了進行形を用いる。

#### Introduction

- 背景(既に知られていること)を記述するには、現在形をもちいる。
- その問題に対して「過去から今までにどのようなアプローチがとられてきたか」を表すときは、現在完了形。
- 「この論文で何がなされるか」を説明するときは、現在形。“We explain that....”  
ここで、that節内の動詞は、その内容が

- 行ったこと、発見したことなら、普通は過去形。ただし、現在形を使うひともいる。
- この論文では証明されなくて、将来証明される必要のあること(主張)なら、未来形。

### Introductionのなかの先行研究のレビュー

- 先行研究の著者自身が行ったこと(studied, developed, investigated, examined, analyzed, proved, found, highlighted, verified, proposed, designed, suggested, outlined など)は、過去形。
- 一方、先行研究で発見された、証明された内容自体は、現在形で記述する。
- 既に認められている(published)法則、定理、定義、証明などは、現在形で記述する。

### Methods

- 大多数は、過去形(かつ受動態)で書かれる。
- 科学的事実は、現在形。

### Results

- 結果で書かれることは、著者が論文を書き出す前に発見したこと\*なので、過去形。

\*実際には執筆途中で気づいて追加で行った実験の結果などもあるだろうが、もちろんそういうものは「書き出す前に発見したこと」に該当する。

### Conclusion

- 論文を書き出す前に行ったことは、過去形。
- 論文執筆時に行ってきたこと(have described, have shownなど)は現在完了形。

## 9.2 ケーススタディ

次のように時制を色分けする。

- 現在形
- 過去形
- 現在完了形
- 助動詞つき

### 9.2.1 Kaye and Linden (2004)

Kaye, N., Linden, P. (2004). Coalescing axisymmetric turbulent plumes. *Journal of Fluid Mechanics*, 502, 41–63.  
doi:10.1017/S0022112003007250

#### Abstract

The coalescence of two co-flowing axisymmetric turbulent plumes and the resulting single plume flow is modelled and compared to experiments. The point of coalescence is defined as the location at which only a single peak appears in the horizontal buoyancy profile, and a prediction is made for its height. The model takes into account the drawing together of the two plumes due to their respective entrainment fields. Experiments showed that the model tends to overestimate the coalescence height, though this discrepancy may be partly explained by the sensitivity of the prediction to the entrainment coefficient. A model is then developed to describe the resulting single plume and predict its virtual origin. This prediction and subsequent predictions of flow rate above the merge height compare very well with experimental results.

## Introduction

The coalescence of turbulent plumes to form a single plume is a process that occurs in many situations. Ventilated enclosures with multiple heat sources, such as work spaces with electronic equipment or occupied lecture theatres, contain turbulent plumes that rise above heat sources and interact. Their interaction will affect the resulting ventilation flow (Linden 1999). Turbulent plumes rising from smokestacks in close proximity can also interact. In this case the rise height of the plumes into a stratified atmosphere will depend on the nature of the interaction. Despite these numerous applications, very little work has been done on the question of how two turbulent plumes coalesce to form a single plume. This paper describes a model for the merging of two turbulent plumes, and for the resulting single plume.

PeraGebhart (1975) studied the interaction of laminar parallel line plumes, merging to form a single plume. They conducted experiments in which the relative strengths of the two plumes and the ratio of the plume source lengths to their separation were varied. They presented a model for this merging process based on the restriction of the entrainment into each plume by the presence of the other. They observed that for plumes of significantly different strengths, the weaker plume was deflected considerably more than the stronger plume. Some experiments were also done with axisymmetric plumes. Although no model was presented for how the axisymmetric plumes coalesce, they observed that the interaction was weaker than for line plumes.

Moses, ZocchiLibchaber (1993) presented work focused on the starting cap of laminar plumes, but also briefly examined the coalescence height  $z_m$  of axisymmetric laminar plumes. They

found that  $z_m$  is given by ... where  $d_0$  is the source separation,  $\nu$  the kinematic viscosity,  $\sigma$  the Prandtl number, and  $F$  is the buoyancy flux defined in Batchelor (1954) and given by ... where  $\Phi$  is the heat flux of the plume,  $C_p$  is the specific heat,  $\rho_0$  is a reference density,  $g$  is the gravitational acceleration and  $T_0$  in degrees Kelvin is a reference temperature.

The main difference between merging laminar and turbulent plumes is that turbulent plumes are independent of the fluid viscosity. However, there are two key points of similarity: laminar axisymmetric plume interaction results in the plumes coalescing further from their sources than for the case of line plumes, and the weaker plume tends to be deflected significantly more than the stronger plume. As we discuss below, both of these effects are observed in turbulent plume interaction. (略)

### Theoretical part

(略) Consider first the simplest case of two equal plumes ( $\psi = 1$ ) with origins at the same height. A simple model, in which the plumes do not interact as they coalesce, provides a limit on  $\lambda_m$ . The average buoyancy profile of a single turbulent plume can be taken as Gaussian, with a radius given by  $6az/5$ , where  $a$  is the entrainment constant (Morton, TaylorTurner 1956). Allowing the two Gaussians to grow into each other as the height increases, and to have no other effect on each other, leads to a buoyancy profile function of the form ... where  $r$  is the radial distance from the plume axis and  $g'$  is the reduced gravity. The model of BjornNielsen (1995) is similar, except that they were concerned with the velocity profiles. Their model is identical to the present case for equal plumes, though when  $\psi < 1$  the ratio of the profile heights will differ. Here the buoyancy rather than the velocity

profile is used to judge whether plumes have merged, because the buoyancy is the driving force, and once the driving force can be considered a single entity, it is reasonable to assume that the flow will behave as a single entity. For the case of equal turbulent plumes the choice between buoyancy and velocity profiles will make no difference as they will both merge at the same height. However for unequal plumes the ratio of the peak velocities will be  $\psi^{1/3}$ , whereas the ratio of the peak buoyancies will be  $\psi^{2/3}$ .

This function (2.4) is plotted in figure 2 for  $1 < \lambda < 8$  and  $x_0 = 1$ . Clearly the two Gaussians coalesce when  $\lambda$  is large enough, but it is difficult to say where the plumes can be said to have merged. We define the merging height to be the height at which the centreline value first becomes a local maximum – in other words, the height at which there are no longer two distinct peaks. This condition can be written as ... and, for non-interacting plumes, is easily solved to give ... In terms of the non-dimensional height one obtains ... as an upper bound on  $\lambda_m$ . For an entrainment constant  $a = 0.09$ , (2.8) gives  $\lambda_{ub} = 6.5$ . We will discuss the choice of the numerical value of  $a$  in § 4. (略)

### Experimental part

Sections 2 and 3 describe theoretical predictions for the merging height of co-flowing turbulent plumes, and the behaviour of the resulting plume in the far field. Experiments have been performed to test the validity of these models. The experiments were carried out using salt plumes in water. The density of the salt solution and the flow rate determined the buoyancy flux. These were chosen such that the plumes were close to ideal, i.e. with small initial volume and momentum fluxes. Corrections for the non-ideal nature of the sources were made by calculating the virtual origin

zv using the method described in HuntKaye (2001). These corrections were typically of the order of 1 cm, which is considerably less than the typical coalescence heights measured of 10–30cm. For the case of unequal plumes, the average of the two virtual origin corrections was used. The difference between the origin corrections for each separate plume was typically less than 0.5cm, or 10% of the plume separation, making the use of the average correction a reasonable approximation.

Typical flow rates used in the experiments were between 0.5 and 2.5  $\text{cm}^3 \text{s}^{-1}$ . The source buoyancy was varied between 30 and 150  $\text{cm s}^{-2}$ . The equal plume experiments were run using the dye attenuation technique in a glass tank approximately 60cm square with a depth of 180cm. The unequal plume experiments were run using a light-induced fluorescence (LIF) technique in a 64cm square Perspex tank that was filled to a depth of 15–35 cm. In order to maintain a turbulent plume from the source, a special nozzle was constructed. Figure 10 shows a schematic of the nozzle used. The nozzle allowed the creation of a turbulent outlet that would normally be laminar at the flow rates used. Figure 7 of HuntLinden (2001) shows the outflow from this nozzle compared to a standard cylindrical tube. The use of the Cooper nozzle meant that the plumes rapidly developed into their self-similar form. This can be more clearly seen in figure 13 below, which shows time-averaged buoyancy profiles from an experiment where two equal plumes coalesce. Clearly the profiles are Gaussian in nature well before they coalesce. (略)

## Results

Experiments were conducted with different initial axial separations from 2.5 cm to 7.5 cm to establish the merging height. Figure 13

shows an example of the profiles for two equal plumes. The figure illustrates the fully developed plumes coalescing, with the two plumes merging at  $\lambda \approx 4.5$ . Figure 14 gives the results of the measurements of the coalescence height. A straight line was fitted through the points. The line is a least-squares fit that was not forced through the origin. The slope of the straight line is the value of  $\lambda_m$ , see (2.2). The value of  $\lambda_m$  based on these experiments is  $\lambda_{me} = 4.1 \pm 0.25$ . For  $a = 0.09$  and the theoretical prediction  $a\lambda_m = 0.44$  we obtain  $\lambda_{mt} = 4.8$  which is larger than the measured value, implying that the plumes coalesce closer to the source than predicted. A discussion of possible reasons for this discrepancy is presented later.

The unequal plume experiments were all conducted at a fixed separation of 5cm. The results for this case are plotted in figure 15 as values of  $\lambda_m$  plotted against  $\psi$ . The theoretical predictions for  $\lambda_m$  and the upper bound  $\lambda_{ub}$  for  $a = 0.09$ , as well as  $\lambda_m$  for  $a = 0.1$ , are also shown in figure 14. It is clear that the theory consistently over-predicts the measured coalescence height. However, the function is very similar to the predictions, with very little variation in  $\lambda_m$  over the range  $0.3 < \psi < 1$ .

## Conclusions

This paper has examined the coalescence of two axisymmetric plumes rising from two sources separated horizontally. The point of coalescence of two co-flowing plumes is defined as the point at which the mean horizontal buoyancy profile of the combined flow has a single maximum. Assuming that the plumes are only passively advected by the entrainment field of each other, a theoretical prediction of the merging height was made (figure 6). Buoyancy profiles measured using a dye attenuation technique

(figure 11) and a light-induced fluorescence (figure 12) showed that the mean buoyancy profiles behaved in a similar manner to that predicted. The prediction of the merging height ( $\lambda_m = 4.8$  for equal plumes) was tested experimentally and found to overpredict  $\lambda_m$  slightly ( $\lambda_m = 4.1$  for equal plumes, see figure 15 for unequal plume results). Various reasons for this discrepancy were suggested, particularly the sensitivity of the merging height to the entrainment coefficient. However, the model predicts the qualitative behaviour of the merging height as a function of the buoyancy flux ratio  $\psi$  for unequal plumes, that is the merging height decreases only slightly with  $\psi$  for  $\psi > 0.25$ . The model also accounts for over 80% of the reduction in merging height that results from the approach of the plumes as a result of their mutual entrainment.

Once a point of coalescence was established a calculation was made for the flow in the far field after the plumes had merged. This calculation resulted in a prediction of the virtual origin of the resulting single plume (figure 9) in terms of the buoyancy flux ratio  $\psi$  and the horizontal source separation. For equal plumes the virtual origin of the merged plume is found to be a distance below the sources of 1.4 times the source separation. Again this was tested against experimental data (figures 16 to 19), showing very good agreement with theory. This agreement in the prediction of the plume flow rate justifies the selected definition of the merging height, as the transition from two-plume to single-plume behaviour is observed to occur at this height. Measurements of the volume flux show that the two-plume to single-plume transition occurs over a vertical distance of the order of the source separation.

Although the model presented shows good qualitative and

quantitative agreement with observations and experiment, it has significant limitations that require further work. The plumes have the same source height, although many examples of vertical as well as radial separation of plume sources exist. For example, two electronic components at different heights on an electronic circuit board will produce plumes with different source heights. A method for adapting this model to account for vertical separation is required.

### 9.2.2 Scott and Polvani (2008)

Scott, R. K., Polvani, L. M. (2008). Equatorial superrotation in shallow atmospheres. *Geophysical Research Letters*, 35(24), L24202. doi:10.1029/2008GL036060

#### Abstract

Simple, shallow-water models have been successful in reproducing two key observables in the atmospheres of the giant planets: the formation of robust, and fully turbulent, latitudinal jets and the decrease of the zonal wind amplitude with latitude. However, they have to date consistently failed in reproducing the strong prograde (superrotating) equatorial winds that are often observed on such planets. In this paper we show that shallow water models not only can give rise to superrotating winds, but can do so very robustly, provided that the physical process of large-scale energy dissipation by radiative relaxation is taken into account. When energy is removed by linear friction, equatorial superrotation does not develop; when energy is removed by radiative relaxation, superrotation develops at apparently any deformation radius.

## Introduction

The pronounced latitudinally aligned bands observed on the giant gas planets are the cloud-top signatures of strong alternating zonal jet streams in the so-called “weather layer”, the shallow layer of stably-stratified atmosphere overlying the deeper convective region. Despite much attention over several decades, the actual dynamical processes involved in the maintenance of these jets remain controversial, to the extent that there is still debate over whether their origins lie in deep convection throughout the planetary interior [Busse, 1976], or rather in shallow turbulent motions within the thin atmospheric layer itself [Williams, 1978]. Somewhere between these two paradigms lies recent three-dimensional general circulation model studies [Schneider and Lui, 2008; Yamazaki et al., 2005]. Quantitative predictions based on the former paradigm have been difficult to make, in part because very little is known about the planets’ interior [Guillot, 1999], and in part because of the high cost of three-dimensional numerical integrations of convective turbulent flow. The latter paradigm is both conceptually and computationally simpler and is based upon well-known and fundamental properties of rotating, stratified flows.

(略)

As we demonstrate below, the form of the large-scale energy dissipation is a determining factor in the direction of equatorial jets. In forced-dissipative calculations with simple models, linear momentum damping is commonly employed because it provides a convenient closure for the total energy in two-dimensional flow. The atmospheres of the gas giants, however, dissipate energy primarily through radiation to space [e.g., Ingersoll et al., 2004;

Showman, 2007]; the absence of a solid ground underlying the atmospheres of the giant planets obviates the usual motivation of linear momentum damping as a model for Ekman drag. Here, we focus on the effect of radiative or thermal damping and demonstrate that it leads to the spontaneous emergence of equatorial superrotation, even though the small-scale forcing is completely isotropic.

## Methods

Our model consists of the shallow water equations for a fluid of mean depth  $H$ , on the surface of a sphere of radius  $a$ , rotating at constant angular velocity  $W$ , and with gravity  $g$ . In terms of vorticity,  $z$ , divergence,  $d$  and height  $h = H + h_0$ , the governing equations are: ... where  $za = f + z$  is the absolute vorticity,  $f = 2Ws\sin\theta$  is the Coriolis parameter,  $u = (u, v)$  is the velocity, and  $E = \frac{1}{2}u^2 + \frac{1}{2}gH^2$ . The shallow water equations can be viewed as describing the motion of a shallow layer of rotating fluid, or, alternatively, as describing an internal vertical mode of equivalent depth  $H$  in a continuously stratified fluid. The relevant nondimensional parameters are the Rossby number  $Ro = U/2aW$  and Froude number  $Fr = U/gH$ , where  $U$  is a typical velocity scale. In place of the latter we use  $LD/a = Ro/Fr$ , where  $LD = gH/2W$  is the deformation radius, since it can be determined entirely in terms of physical parameters.

(略)

Equations (1a)–(1c) are integrated numerically using a standard pseudo-spectral method [Scott and Polvani, 2007] with a resolution of T682 (equivalent to a  $2048 \times 1024$  longitude-latitude grid). Small-scale hyperdiffusion,  $nr8x$ , is included to control the enstrophy at small scales. The equations are integrated for 104

planetary rotations.

Our choice of physical parameters is dictated by values typical of the giant planets. In particular, we are interested in the small Ro regime and we verify a posteriori that the zonal jet speeds that arise in our model are comparable to those of the planets ( $O(100)$  ms $^{-1}$ ). For a given forcing strength 0 the final Ro is determined by trad. This leaves LD as the main free parameter. While we are interested in how the nature of the equatorial flow changes with LD, we are again primarily concerned with cases relevant to the giant planets, for which LD/a is usually put in the range 0.025 – 0.03 [e.g., Cho et al., 2001; Ingersoll et al., 2004].

## Results

Figure 1 shows the instantaneous zonal mean zonal velocity  $u$  at  $t = 10000$  days for a series of three numerical integrations with decreasing  $LD/a = 1.0, 0.1, 0.025$ , and with radiative damping timescale  $trad = 0.25(LD/a)^2$  (in all cases  $1/tfr = 0$ ). The prominent feature, and the main result of the paper, is the strong superrotating (positive) equatorial jet, clearly visible in all cases. In contrast, when purely frictional damping is used (the case  $1/trad = 0$  and  $tfr = 10000$  is shown bold dashed) the equatorial jet is subrotating. In all cases, an alternating pattern of weaker jets is also apparent, and extends through the midlatitudes. We emphasize that these zonal jets and their structure arise spontaneously and despite the fact that the forcing is purely isotropic in space and time: there is no forcing in the zonal mean and there is no asymmetry in the forcing that might fix the sign of the jet at the equator.

While our model is highly idealized, we have nevertheless selected parameters that correspond, approximately, to the Jovian

atmosphere. Rossby numbers are similar to Jovian values, with resulting equatorial jet speeds of approximately  $200 \text{ ms}^{-1}$ , and  $\text{LD}/a$  ranges down to 0.025. As far as we are aware, this is the first numerical integration with physically relevant parameters in rotating shallow water to produce the observed sign of the equatorial jet. (In a two-dimensional barotropic model, that is, the shallow water model in the limit  $\text{LD}/a \gg 1$ , Dunkerton and Scott [2008] showed that superrotating and subrotating equatorial jets emerged with roughly equal probability in an ensemble of numerical calculations with identical physical parameters. Similar behavior also emerges in the shallow water equations with linear friction for  $\text{LD}/a \ll 1$ , but has until now not been found for  $\text{LD}/a \approx 1$ , the regime of relevance for the giant planets.) (略)

### Discussion

In conclusion, we have shown that a simple shallow water model, with random isotropic forcing and a large-scale energy dissipation that crudely represents energy loss through radiation, is able to capture several of the main features of the atmospheres of the giant gas planets, specifically: (i) a turbulent flow dominated by strong, steady zonal jets; (ii) a decrease in jet amplitude with latitude; (iii) small scale filaments and vortices similar to observed cloud top features; and, most importantly, (iv) an equatorial jet that is superrotating. Further, we note that equatorial super-rotation is a stable feature of this model, whose persistence does not require continued thermal damping: when the thermal damping is turned off, the equatorial jets continue to intensify (in cases where the forcing remains present) or remain steady (in cases where the forcing is also turned off).

Given that they are so robust, why then have super-rotating

equatorial jets not been previously obtained in shallow water models? One possible reason is that in rotating shallow water anticyclones are in general more stable than cyclones [Polvani et al., 1994; Stegner and Dritschel, 2000], an asymmetry which grows with decreasing LD/a. Although difficult to diagnose in a fully turbulent flow, this asymmetry, coupled with the b-drift of anticyclones toward low latitudes, may account for an accumulation of anticyclonic shear, and hence a subrotating jet at the equator. Linear friction acts equally on both cyclonic and anticyclonic vorticity and so does not alter this asymmetry. In contrast it can be shown that, under certain conditions, radiative relaxation can damp anticyclones at a faster rate than cyclones (full details will be presented in a longer article), and may therefore offset the asymmetry. However, other mechanisms may also be relevant in the selection of equatorial superrotation, including the latitudinal dependence of the angular momentum changes arising from thermal damping, and the relative effects of thermal and frictional damping on mean flow changes induced by momentum flux convergences due to equatorial waves [Andrews and McIntyre, 1976]. Work is currently underway towards a deeper understanding of the precise mechanisms whereby the superrotation is generated.

### 9.2.3 Bordoni and Schneider (2010)

Bordoni, S., Schneider, T. (2010). Regime Transitions of Steady and Time-Dependent Hadley Circulations: Comparison of Axisymmetric and Eddy-Permitting Simulations. *Journal Of The Atmospheric Sciences*, 67(5), 1643–1654.  
doi:10.1175/2009JAS3294.1

## Abstract

Steady-state and time-dependent Hadley circulations are investigated with an idealized dry GCM, in which thermal forcing is represented as relaxation of temperatures toward a radiative-equilibrium state. The latitude  $f_0$  of maximum radiative-equilibrium temperature is progressively displaced off the equator or varied in time to study how the Hadley circulation responds to seasonally varying forcing; axisymmetric simulations are compared with eddy-permitting simulations. In axisymmetric steady-state simulations, the Hadley circulations for all  $f_0$  approach the nearly inviscid, angular-momentum-conserving limit, despite the presence of finite vertical diffusion of momentum and dry static energy. In contrast, in corresponding eddy-permitting simulations, the Hadley circulations undergo a regime transition as  $f_0$  is increased, from an equinox regime (small  $f_0$ ) in which eddy momentum fluxes strongly influence both Hadley cells to a solstice regime (large  $f_0$ ) in which the cross-equatorial winter Hadley cell more closely approaches the angular-momentum-conserving limit. In axisymmetric time-dependent simulations, the Hadley cells undergo transitions between a linear equinox regime and a nonlinear, nearly angular-momentum-conserving solstice regime. Unlike in the eddy-permitting simulations, time tendencies of the zonal wind play a role in the dynamics of the transitions in the axisymmetric simulation. Nonetheless, the axisymmetric transitions are similar to those in the eddy-permitting simulations in that the role of the nonlinear mean momentum flux divergence in the zonal momentum budget shifts from marginal in the equinox regime to dominant in the solstice regime. As in the eddy-permitting simulations, a mean-flow feedback—Involving the upper-level zonal winds, the lower-level temperature gradient, and

the poleward boundary of the cross-equatorial Hadley cell—makes it possible for the circulation fields to change at the transition more rapidly than can be explained by the steady-state response to the thermal forcing. However, the regime transitions in the axisymmetric simulations are less sharp than those in the eddy-permitting simulations because eddy–mean flow feedbacks in the eddy-permitting simulations additionally sharpen the transitions.

## Introduction

Monsoons are generally viewed as regionally concentrated, thermally direct overturning circulations in the latitude–height plane, with ascending motion in the summer hemisphere subtropics and descending motion in the winter hemisphere (Newell et al. 1972; Gadgil 2003; Bordoni and Schneider 2008). These monsoonal circulations dominate the solstitial zonally averaged Hadley circulation, which is characterized by a strong and broad cross-equatorial winter cell and a very weak and narrow summer cell. Most theories of the dynamics of these circulations have been developed in the context of axisymmetric models of the Hadley circulation in which the upper branches of the circulation are assumed to be nearly inviscid and angular-momentum-conserving (e.g., Schneider 1977; Held and Hou 1980; Lindzen and Hou 1988; Satoh 1994; Caballero et al. 2008). For instance, Plumb and Hou (1992) showed that axisymmetric circulations driven by a localized off-equatorial thermal forcing undergo transitions from a linear, viscous regime to a nonlinear, angular-momentum-conserving regime beyond a threshold forcing value; they suggested that this threshold behavior may account for the rapid onset of monsoons.

The nonlinear axisymmetric theory of Plumb and Hou (1992) has

been extended in several studies to account for the influences of moist convection (Emanuel 1995; Zheng 1998), of a subtropical continent (Prive' and Plumb 2007a,b), and of moisture–dynamics feedbacks such as wind-induced surface heat exchange (Boos and Emanuel 2008a,b). All of these studies, however, have postulated the existence of a localized subtropical heating (either provided by imposed surface temperature anomalies or a subtropical continent) as necessary for monsoon development and have neglected the interaction between large-scale eddies and tropical circulations.

But, large-scale eddies of midlatitude origin may in fact play an important role in the dynamics of Hadley and monsoonal circulations. Through idealized GCM experiments, Walker and Schneider (2006) found that over a wide range of climates, including earthlike climates, the strength of a Hadley cell driven by hemispherically symmetric thermal forcing is strongly influenced by eddy momentum fluxes of extratropical origin, so the scalings that nearly inviscid axisymmetric theory gives for the extent and strength do not apply.

(略)

### Model description and experiments

The idealized GCM is the same hydrostatic primitive-equation model as in SB08, where more details can be found. The model is a spectral-transform model, run in axisymmetric configuration (truncated at zonal wave-number zero) with T42 horizontal resolution and 30 unequally spaced sigma levels in the vertical. Radiative forcing is provided by Newtonian relaxation toward a radiative-equilibrium state of a semigray atmosphere, which is axisymmetric and statically unstable in the lower troposphere. The

radiative-equilibrium surface temperature varies with latitude as ... where  $f_0$  is the latitude at which  $T_{se}$  is maximal, and  $D_h = 112.5$  K is the pole-to-equator temperature difference for  $f_0 = 0^\circ$ . In the steady-state simulations,  $f_0$  is a fixed parameter; in the time-dependent simulations, it varies with time according to This thermal forcing fundamentally differs from that used in Plumb and Hou (1992) in that it is not localized in the subtropics and in that the radiative-equilibrium temperature has nonzero curvature and (for  $f_0 = 61/4^\circ$ ) a nonzero gradient at the equator. This implies that a meridional circulation is to be expected for all values of  $f_0$  (Plumb and Hou 1992). It also differs from that used in Fang and Tung (1999) in that it features larger seasonal excursions of the  $T_{se}$  maximum away from the equator.

(略)

Steady-state simulations were conducted with fixed values of  $f$  ranging from  $0^\circ$  (vernal equinox) to  $23.58^\circ$  (boreal summer solstice). For comparison with the results from these steady-state axisymmetric simulations, in section 3 we also show results from the statistically steady states of the eddy-permitting simulations in SB08. The averages shown are surface-pressure-weighted sigma-coordinate averages over longitude and time (over 100 simulated days) in the axisymmetric and eddy-permitting simulations. The time-dependent simulation of seasonal cycles was started from the equinox steady state ( $f_0 = 0^\circ$ ) and was run for five years. The results shown in section 4 are from the equilibrated response, which is reached three years into the simulation. Our discussion mostly focuses on the comparison of the axisymmetric time-dependent simulations with the eddy-permitting simulations in SB08 (control). We also discuss how the longer convective time

scale and the nonzero vertical diffusivities used in the axisymmetric simulations impact our results, by comparing the control eddy-permitting simulation with eddy-permitting simulations in which the longer convective time scale and the vertical diffusivities are separately or simultaneously introduced.

## Numerical results

Figure 1 shows the strength of the cross-equatorial Hadley cell in the axisymmetric steady-state simulations for different values of the latitude  $f_0$  of maximum radiative-equilibrium surface temperature, together with the corresponding values from the eddy-permitting simulations in SB08. In the eddy-permitting simulations, the scaling of the cross-equatorial Hadley cell strength as a function of  $f_0$  is in two different regimes: a weaker dependence on  $f$  for  $f_0 < 98$  (roughly  $f^{1/5}$ ) and a stronger dependence for  $f$  for  $f_0 > 98$  (roughly  $f^{3/4}$ ). In contrast, in the axisymmetric simulations, the cross-equatorial Hadley cell strength increases almost linearly with  $f_0$  throughout the parameter space. For the largest  $f_0$  values, the Hadley cell strengths in the eddy-permitting and axisymmetric simulations converge. In Fig. 1, we also show the strength of the cross-equatorial Hadley cell from numerical calculations analogous to those of Lindzen and Hou (1988) but with the radiative–convective equilibrium state of our simulations. Similarly to what is seen in the axisymmetric simulations, the nearly inviscid axisymmetric theory for our simulations does not exhibit a transition in scaling regimes at  $f_0 = 98$ , but it predicts a somewhat stronger power-law dependence of the circulation strength on  $f$  (roughly  $f^{4/3}$ ). The axisymmetric cross-equatorial circulations do not exhibit a transition in scaling regimes in the parameter space because they tend to approach the angular-

momentum-conserving limit for all values of  $f_0$ , despite the finite vertical diffusion of momentum and dry static energy.

### Conclusions

To explore if and to what extent the rapid regime transitions of the Hadley cells in the eddy-permitting simulations in SB08 and Bordoni and Schneider (2008) can still occur when large-scale eddies are suppressed, we have performed steady-state and time-dependent axisymmetric simulations. Although finite vertical diffusion of momentum and dry static energy needs to be used to achieve approximately steady states, the Hadley cells in the axisymmetric steady-state simulations generally approach the nearly inviscid limit. As the latitude of maximum radiative-equilibrium temperature is progressively displaced off the equator, they do not undergo regime transitions. The marked shifts in circulation fields that occur at the transitions from the eddy-dominated regime to the nearly angular-momentum-conserving regime in the eddy-permitting steady-state simulations do not occur in the axisymmetric steady-state simulations. As a consequence, in the axisymmetric steady-state simulations, the strength of the cross-equatorial Hadley cell, the location and intensity of the main convergence zone, and the upper- and lower-level winds in the summer subtropics do not change as rapidly as in the corresponding eddy-permitting simulations.

#### 9.2.4 Bird et al. (2005)

Bird, M. K., Allison, M., Asmar, S. W., Atkinson, D. H., Avruch, I. M., Dutta-Roy, R., Dzierma, Y., et al. (2005). The vertical profile of winds on Titan. *Nature*, 438(7069), 800–802.  
doi:10.1038/nature04060

## Abstract

One of Titan's most intriguing attributes is its copious but featureless atmosphere. The Voyager 1 fly-by and occultation in 1980 provided the first radial survey of Titan's atmospheric pressure and temperature<sup>1,2</sup> and evidence for the presence of strong zonal winds<sup>3</sup>. It was realized that the motion of an atmospheric probe could be used to study the winds, which led to the inclusion of the Doppler Wind Experiment<sup>4</sup> on the Huygens probe<sup>5</sup>. Here we report a high resolution vertical profile of Titan's winds, with an estimated accuracy of better than 1 m s<sup>-1</sup>. The zonal winds were prograde during most of the atmospheric descent, providing in situ confirmation of superrotation on Titan. A layer with surprisingly slow wind, where the velocity decreased to near zero, was detected at altitudes between 60 and 100 km. Generally weak winds ( $< 1 \text{ m s}^{-1}$ ) were seen in the lowest 5 km of descent.

## Introduction

Titan's winds have been the subject of many investigations since that first close-up look from Voyager nearly 25 years ago. The infrared observations revealed a distinct pole-to-equator latitudinal contrast in temperature, varying from  $\Delta T < 3 \text{ K}$  at the surface to  $\Delta T < 20 \text{ K}$  in the stratosphere, implying a superrotational, global cyclostrophic circulation analogous to that observed on Venus<sup>3</sup>. Scaling for a hydrostatic, gradient-balanced flow suggested that the meridional and vertical winds should be much weaker than the zonal motion. Titan-specific general circulation models (GCMs) have since been introduced to study the conditions necessary for generation of atmospheric superrotation<sup>6–9</sup>.

Observational evidence for winds on Titan has also been inferred

from the finite oblateness of surfaces of constant pressure determined from precise ground-based astrometry during stellar occultations in 1989 and 2001<sup>10,11</sup>. These occultation experiments, as well as the thermal gradient observations, cannot be used to determine the sense of the zonal winds (that is, prograde or retrograde). A technique offering a direct determination of the wind velocity is to measure the differential Doppler shift of atmospheric spectral features as the field-of-view moves from east limb to west limb. Infrared heterodyne observations of Titan's ethane emission at 12 mm have yielded evidence for prograde winds with velocities exceeding 200 m s<sup>-1</sup> but with a relatively large uncertainty of 150 m s<sup>-1</sup> (ref. 12). These results assume a global-average zonal wind field and apply to only a limited range in height near the 1 hPa level (200 km altitude). More traditional cloud-tracking techniques using Voyager 1 and ground-based images of Titan have been largely stymied by the ubiquitously poor image contrast. The success of such efforts has improved with the extended capabilities of the imaging system on Cassini, from which a number of atmospheric features have been identified as middle- to lower- tropospheric clouds, particularly near Titan's southern pole<sup>13</sup>.

## Methods

The Huygens probe entered and descended for nearly 150 min through the atmosphere of Titan, survived impact on the surface, and continued its telemetry broadcast to the Cassini spacecraft on two separate radio links, denoted channels A and B, for an additional 193 min (ref. 5). The Doppler Wind Experiment (DWE) instrumentation—consisting of an atomic rubidium oscillator in the probe transmitter to assure adequate frequency stability of the

radiated signal and a similar device in the orbiter receiver to maintain the high frequency stability—was implemented only in channel A (2,040 MHz)<sup>4</sup>. Whereas channel B (2,098 MHz) functioned flawlessly during the entire mission, the channel A receiver was not properly configured during the probe relay sequence. All data on channel A, including the probe telemetry and the planned DWE measurements, were thus lost.

The channel A signal was monitored on Earth during the Huygens mission at fifteen radio telescopes, six of which recorded ground-based DWE measurements of the carrier frequency. Details on the participants in the radio astronomy segment of the Huygens mission, the observation campaign, and plots of the raw data are given in Supplementary Information. Only the data sets from the NRAO Robert C. Byrd Green Bank Telescope (GBT) in West Virginia and the CSIRO Parkes Radio Telescope in Australia have been processed for this initial report.

(略)

## Results

The zonal wind derived from the ground-based Doppler data is shown in Fig. 1 as a function of time. More precisely, this quantity is the horizontal eastward velocity of Huygens with respect to the surface of Titan (with a positive value indicating the prograde direction). The time-integrated wind measurement from t<sub>0</sub> yields an estimate for the longitude of the Huygens landing site on Titan, 192.33 0.318 W, which corresponds to an eastward drift of 3.75 0.068 (165.8 2.7 km) over the duration of the descent.

Unfortunately, because of the slow rotation of Titan and the fact that the Earth was near zenith as viewed by Huygens, the Doppler data recorded after landing are not considered suitable for a more

precise determination of the Huygens longitude.

The variation of the zonal wind with altitude and pressure level is shown in Fig. 2. The measured profile roughly agrees with the upper level wind speeds anticipated by the engineering model, and is generally prograde above 14 km altitude. Assuming this local observation is representative of conditions at this latitude, the large prograde wind speed measured between 45 and 70 km altitude and above 85km is much larger than Titan's equatorial rotation speed ( $Q_a < 11.74 \text{ m s}^{-1}$ , where  $Q \approx 4.56 \times 1026 \text{ rad s}^{-1}$  and a  $\approx 2,575 \text{ km}$  are Titan's rotation rate and radius, respectively), and thus represents the first in situ confirmation of the inferred superrotation of the atmosphere at these levels, as anticipated from the Voyager temperature data<sup>3</sup>. Moreover, the measured winds are consistent with the strong winds inferred from ground-based data under the assumption of cyclostrophic balance

### 9.2.5 Sura and Perron (2010)

Sura, P., Perron, M. (2010). Extreme Events and the General Circulation: Observations and Stochastic Model Dynamics. *Journal Of The Atmospheric Sciences*, 67(9), 2785–2804.  
doi:10.1175/2010JAS3369.1

#### Abstract

This study explores the dynamical role of non-Gaussian potential vorticity variability (extreme events) in the zonally averaged circulation of the atmosphere within a stochastic framework. First the zonally averaged skewness and kurtosis patterns of relative and potential vorticity anomalies from NCEP–NCAR reanalysis data are presented. In the troposphere, midlatitude regions of

near-zero skewness coincide with regions of maximum variability. Equatorward of the Northern Hemisphere storm track positive relative/potential vorticity skewness is observed. Poleward of the same storm track the vorticity skewness is negative. In the Southern Hemisphere the relation is reversed, resulting in negative relative/potential vorticity skewness equatorward, and positive skewness poleward of the storm track. The dynamical role of extreme events in the zonally averaged general circulation is then explored in terms of the potential enstrophy budget by linking eddy enstrophy fluxes to a stochastic representation of non-Gaussian potential vorticity anomalies. The stochastic model assumes that potential vorticity anomalies are advected by a random velocity field. The assumption of stochastic advection allows for a closed expression of the meridional enstrophy flux: the potential enstrophy flux is proportional to the potential vorticity skewness. There is some evidence of this relationship in the observations. That is, potential enstrophy fluxes might be linked to non-Gaussian potential vorticity variability. Thus, extreme events may presumably play an important role in the potential enstrophy budget and the related general circulation of the atmosphere.

## Introduction

The empirical and dynamical study of the general circulation of the atmosphere can be rightfully considered to provide the foundations of modern meteorology, climatology, and related fields. In its broadest sense the atmospheric general circulation may be regarded to encompass all motions that are needed to characterize the large and global-scale atmospheric flow (e.g., Holton 1992; James 1994; Vallis 2006). The time-mean circulation is the most relevant, first-order property we are interested in

(zeroth order being a resting atmosphere). It is, of course, well known that the mean atmospheric circulation cannot be understood without knowing some statistics of fluctuations (eddies) around the mean. The mean and fluctuations of the general circulation are intricately linked through eddy fluxes of primarily heat, momentum, and vorticity (or enstrophy). The zonal eddy flux of temperature, for example, is the dominating mechanism redistributing heat from the tropics to the poles. In other words, to dynamically describe the mean circulation we need to know some second-order statistics (variances, correlations) of relevant quantities. For example, the zonally averaged poleward eddy flux by transient waves is given by the covariance  $[y_9 T_9]$ , where  $y_9$  and  $T_9$  denote transient fluctuations of meridional velocity and temperature, respectively;  $[x_9]$  denotes the zonal and  $x_9$  the temporal averages of the quantity  $x_9$ .

(略)

Sura and Sardeshmukh (2008) and Sardeshmukh and Sura (2009) tried to fill this gap by analyzing local non-Gaussian oceanic and atmospheric variability in a stochastic–dynamical framework. Their theory attributes extreme anomalies to stochastically forced linear dynamics, where the strength of the stochastic forcing depends on the flow itself (multiplicative noise). Because stochastic theory makes clear and testable predictions about non-Gaussian variability, the multiplicative noise hypothesis can be verified by analyzing the detailed non-Gaussian statistics of oceanic and atmospheric variability. In fact, Sura and Sardeshmukh (2008) and Sardeshmukh and Sura (2009) did just that for sea surface temperature and atmospheric geopotential height and vorticity anomalies, thereby confirming the

multiplicative noise hypothesis of extreme events for the respective variables.

This paper studies the role of higher-order (non-Gaussian) statistics in the dynamics of the general circulation. Section 2 discusses the non-Gaussianity of the atmospheric general circulation using daily National Centers for Environmental Prediction (NCEP)–National Center for Atmospheric Research (NCAR) reanalysis data, focusing on zonally averaged relative and potential vorticity (PV) statistics. In section 3 we discuss the zonally averaged circulation in terms of the potential enstrophy budget. In particular, we elucidate the dynamical role of extreme atmospheric events in the zonally averaged general circulation by linking eddy enstrophy fluxes to a stochastic representation of potential vorticity anomalies. Finally, section 4 provides a summary and discussion.

### Observations

In this section we will present non-Gaussian attributes of the atmospheric general circulation from daily NCEP– NCAR reanalysis data. Because most of the previous studies focused on the horizontal distribution of extreme events and higher-order statistics (skewness and kurtosis), we will pay particular attention to the height dependence of non-Gaussian statistics. That is, here the focus will be on the zonally averaged non-Gaussian statistics of the general circulation.

(略)

We use the full 60-yr record because the reliable estimation of higher-order statistics needs rather long time series to reduce the standard errors as much as possible. However, it is known that the

reanalysis data are not very reliable in the Northern Hemisphere before 1958 or before the mainstream meteorological satellite era (1979) in the Southern Hemisphere (Kistler et al. 2001). Thus, the reanalyses more reflect the model than the actual atmosphere in the mentioned periods and regions. Given that today's models are very reliable on synoptic and large scales, and we are primarily looking at the statistics of large-scale flows, we are not expecting major biases in the troposphere by using the full record. In the troposphere we might observe biases, however. To make sure that our findings are stable, we will later also present the main results of our analysis for the periods 1958–2007 and 1979–2007.

### 9.2.6 Riessen et al. (2010)

Grant van Riessen et al 2010 J. Phys.: Condens. Matter 22

092201 doi: 10.1088/0953-8984/22/9/092201

#### Abstract

We have measured the correlated electron pair emission from a Cu(001) surface by both direct and core-resonant channels upon excitation with linearly polarized photons of energy far above the 3p threshold. As expected for a single-step process mediated by electron correlation in the initial and final states, the two electrons emitted by the direct channel continuously share the sum of the energy available to them. The core-resonant channel is often considered in terms of successive and independent steps of photoexcitation and Auger decay. However, electron pairs emitted by the core-resonant channel also share their energy continuously to jointly conserve the energy of the complete process. By detecting the electron pairs in parallel over a wide range of energy, evidence of the core-resonant double photoemission proceeding

by a coherent single-step process is most strikingly manifested by a continuum of correlated electron pairs with a sum energy characteristic of the process but for which the individual electrons have arbitrary energies and cannot meaningfully be distinguished as electron.

### Introduction

The emission of two electrons from a solid surface upon the absorption of a single photon has become of much current interest due to the decisive role played by electron–electron correlation in such processes. Because of the single-particle nature of the dipole interaction, the electric field of the photon directly interacts with only a single electron. However, if the photon energy exceeds the double photoemission (DPE) threshold, two interacting electrons may be directly emitted from the valence band, sharing the photon energy in excess of that needed to eject both of them [1].

Detecting the emitted pair in coincidence with energy and momentum discrimination yields observables relevant to the electron–electron interaction in the solid [1–7]. When the energy of the incident photon exceeds the binding energy of a core-level electron, the electron is excited to the continuum above the vacuum level. A second electron may be excited to the continuum by an Auger (autoionization) transition in which the core–hole is annihilated, leaving two holes in the valence band. Auger photoelectron coincidence spectroscopy (APECS) has been developed to study this process, motivated also by the ability to yield information not directly accessible by single-electron spectroscopy [8–16]. (略)

### Experimental details

A new two-electron coincidence spectrometer for surfaces was

implemented by combining two hemispherical energy analysers (Scienta R4000, Sweden) with wide-angle transfer lenses. The analysers were modified by the installation of two-dimensional detectors (microchannel plates (MCP) and resistive anodes) and the lenses are operated in customized modes optimized for the requirements of high transmission with large pass energy, low mean kinetic energy and small temporal dispersion. Angular dispersion characteristics are compromised to achieve these requirements and only energy information was recorded. Constant energy resolution can be preserved independently of the electron kinetic energy, which allows DPE experiments to be extended to photon energies previously inaccessible with time-of-flight spectrometers which presently cannot achieve comparable energy resolution beyond energies 50 eV [2, 6].

The spectrometer was installed at the UE56/2-PGM-2 beamline at the BESSY II storage ring [19]. Figure 1 schematically illustrates the geometry of the experiment. Linearly polarized radiation of energy 125 eV was incident upon a Cu(001) surface at a grazing angle of 10°. Electrons emitted within the solid angle of collection of the lenses are transported to hemispherical analysers that energetically disperse the electrons onto the detectors. The optical axes of the lenses define the scattering plane and are separated by 90° with one axis in the plane of the storage ring and the other perpendicular to it. The sample was oriented such that the mean take-off angles for the horizontal and vertical analyser with respect to the surface normal were 15° and 75°, respectively.

Each analyser was operated in a mode that allowed the collection of electrons within an angular range of ≈30° within the xy plane (figure 1) and, simultaneously, within a 30 eV energy range

centred at 50 eV. The energy range recorded in parallel by each analyser is partitioned respectively into discrete values E1 and E2 for the vertical and horizontal analysers in order to represent two-dimensional (2D) electron pair energy distributions. The total energy resolution for each analyser was  $\approx 0.8$  eV. Consequently the total energy resolution for electron pairs was  $\approx 1.1$  eV. All kinetic energies were measured with respect to the vacuum level of the Cu(001) surface. (略)

### Experimental results

Figure 2(a) shows a histogram of arrival time differences  $t$  for all detected pairs from a Cu(001) surface upon excitation with linearly polarized photons of energy 125 eV. The area of the prominent peak (shaded) at  $t = 0$  ns that lies above the flat background is a measure of the total number of true coincidences. Its width  $t_c$  is consistent with an estimation of the temporal resolution by simulating the dominant contribution of time dispersion through the electron optics. The number of correlated events (true coincidences)  $N_t$  is found from the total number of counts within a region of width  $t_c$  centred on the peak minus the number of random coincidence events in the same area which is estimated from the average intensity away from the peak.

The 2D energy distribution of correlated electron pairs (true coincidences) detected from the Cu(001) surface upon excitation with 125 eV photons is presented in figure 2(b). This data is obtained by determining the number of true coincidences at each locus (E1, E2) by the method described above. Several distinctive spectral features appear that have not previously been observed together in a single spectrum from a solid surface. The highest energy structure is related to the onset of direct DPE. Below that

there are three regions of interest labelled as A, B and C which are situated around  $(E_1, E_2) = (56 \text{ eV}, 46 \text{ eV})$ ,  $(46 \text{ eV}, 56 \text{ eV})$  and  $(46 \text{ eV}, 58 \text{ eV})$ , respectively. These regions correspond to the nominal energy of 3p photoelectrons and M<sub>2,3</sub>–M<sub>45</sub>M<sub>45</sub> Auger electron pairs, i.e. the process studied by APECS. Their structure in and between these regions is considered in more detail below. The difference in the sum energy of the detected pairs emitted by these processes will be discussed elsewhere. (略)

## Conclusions

We have presented the two-particle emission spectra from a Cu(001) surface upon excitation with linearly polarized photons with sufficiently high energy to excite the 3p core level. We observe both direct DPE and core-resonant DPE in the same spectrum. The final state of both processes contain two holes in the d-band but is distinguished on the basis of the total energy available to the pair. In the energy sharing distribution of electron pairs, the direct DPE manifests as a continuum without discrete structure. Pairs emitted by core-resonant double photoemission are also clearly shown to share their total energy continuously while jointly conserving the energy of the complete process. The energy of both electrons is not constrained to the energy they are observed to have when detected independently. These results confirm that core-resonant double photoemission must be described by a coherent single-step process in which the emitted electrons represent a correlated two-particle state. Detailed comparison of the dynamics of direct double photoemission and core- resonant double photoemission is currently being investigated for different scattering geometries and photon energies and is expected to yield further insight into the role of

|correlation in these processes.

### 9.3 be動詞にみる時制の割合

実際の論文を見てみると、参考文献で述べられているように「先行研究 = 現在形」「自分の今の研究 = 過去形」という関係は、自分の周辺分野(大気力学)では成り立っていないようである。

そこで、be動詞を抽出し be動詞全体に対する現在形(is, are)、過去形(was, were)と完了形(been)の比率を調べてみた。

まず、数値実験と理論の論文

- Vallis, G. K. and Farneti, R. 2009. Meridional Energy Transport in the Atmosphere-Ocean System. Scaling and Numerical Experiments. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 135, 1643-1660, doi:10.1002/qj.498

では

現在形: 97%、過去形: 3%、完了形: 0%  
で現在形が大半を占める。

次に、室内実験の論文

- Thomas, P.J.Linden, P.F. 2010 Laboratory modelling of the effects of temporal changes of estuarine-fresh-water discharge rates on the propagation speed of oceanographic coastal currents. J. Fluid Mech., 664, 337-347

では

現在形: 58%、過去形: 40%、完了形: 2%  
で過去形が4割を占める。

そして、化学実験の論文

- Synthesis of Heterocyclic Homotriptycenes. (2011). Synthesis of Heterocyclic Homotriptycenes, 76(14), 5531–5538. doi:10.1021/jo200110w では

現在形: 24%、過去形: 72%、完了形: 4%  
で過去形は7割を占める。

ここには記さないが、同様の手法の他の論文もおおよそ、同じような割合で現在形と過去形が使用されている。

#### 9.4 考察

結局、自分の周辺分野(大気力学・地球流体力学)では、多くの参考書で挙げられている、時制の区別「先行研究 = 認められた一般的な知識 = 現在形」「自分の今の研究 = まだ認められていない知識 = 過去形」にそっていないうようだ。

自分の今の研究も現在形で書くかどうかは、おそらく、「再現性が自明かどうか」によるのではなかろうか。

たとえば、「紙と鉛筆」でおえるような、数学の論文は、現在形で書かれてて不自然ではない。逆に、“Adding 1 to 2, we obtained 3”なんて書いたら、「(一般にはどうか分からぬが) そのときは2に1を足したら3を得た。」という文意になってしまふ。

数学の論文と同様に、主に数学を用いて記述される力学などの理論も、現在形が相応しいように思う。

一方、実験室で行うような、(実在するものを用いて行う)実験結果に関する論文は、自分の実験結果が、再現性を有しているかが自明ではないので、「(少なくとも自分がやったら、そのときは)こうなった。」という意味で、過去形が相応しいように思う。これは、化学実験や実験流体を用いた室内実験などは、著者が全く気づいていない未知のファクターによって結果が変わる、という可能性があるからだろう。

同様に、自然現象の観測結果に関する記述をする際も、「自分が観測したときは、そうだった。」という意味で過去形が適切だろ

う。

しかし、JRA-25のように公開されている、再解析データセットを利用した「データ解析」の場合は、同じデータを用いれば、同じ結果が得られるのは自明なので、現在形なのだろう。(逆にそのような研究は、そのデータセットに関する研究であることを意識する必要がある。)

では、数値実験がどうか。数値実験の場合、自分で制御できないファクターは普通ないので、(計算機のソフト・ハードに未知のバグはないという前提で) 計算方法、設定条件の説明を尽くせば、数値実験の結果は「再現性が保証されている」ような気がする。

なら、数値実験に関する計算方法や設定条件の説明は現在形か？過去形か？いろいろと論文を見て回ると、現在形が多いように感じる。でも過去形や現在完了形で書かれている論文もある。

---

*This document was translated from L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X by [HEVEA](#).*