

データ視覚化

伊藤成朗

アジア経済研究所

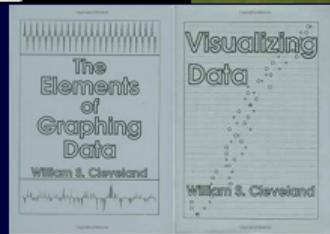
2022 年秋学期

国際交流学科, 聖心女子大学

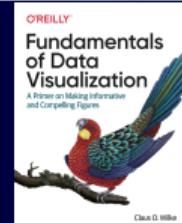
参考文献



Edward Tufte [独創的、読み物的、チャートジャンクの指摘、多彩な例]



William Cleveland [学術的、視認性]



Claus O. Wilke [分類的、教科書的、コード
<https://github.com/clauswilke/dataviz>]
無料閲覧 <https://clauswilke.com/dataviz/>



Kieran Healy [マニュアル的、ggplot2, dplyr
多用、補助教材あり]
無料閲覧 <https://socviz.co/index.html>

視覚化の動機

視覚化の動機(要約)

データをそのまま見ても何が何やら分からぬ。

視覚化の動機(要約)

データをそのまま見ても何が何やら分からぬ。

データから傾向(変数間の関係、メッセージ)を見出すのが最初。

視覚化の動機(要約)

データをそのまま見ても何が何やら分からぬ。

データから傾向(変数間の関係、メッセージ)を見出すのが最初。

伝えたい傾向がもっとも良く伝わるように視覚化の方法を選ぶ。

視覚化の動機(要約)

データをそのまま見ても何が何やら分からぬ。

データから傾向(変数間の関係、メッセージ)を見出すのが最初。

伝えたい傾向がもっとも良く伝わるように視覚化の方法を選ぶ。

受取手が何度も視線を動かしたり、計算をしなくてはいけない視覚化は避ける。思考させなければ傾向はより伝わる。

視覚化の動機(要約)

データをそのまま見ても何が何やら分からぬ。

データから傾向(変数間の関係、メッセージ)を見出すのが最初。

伝えたい傾向がもっとも良く伝わるように視覚化の方法を選ぶ。

受取手が何度も視線を動かしたり、計算をしなくてはいけない視覚化は避ける。思考させなければ傾向はより伝わる。

伝えたい内容にこだわって視覚化の方法を歪めてはいけない。データ改ざんはもつての外。

NASA スペースシャトル・チャレンジャー打ち上げ分解事故 (1986 年)



NASA スペースシャトル・チャレンジャー打ち上げ分解事故 (1986 年)



データ視覚化が効果的だったら、惨事を防げたかもしれない事例

NASA スペースシャトル・チャレンジャー打ち上げ分解事故(1986年)



データ視覚化が効果的だったら、惨事を防げたかもしれない事例

もちろん、危険軽視のガバナンスの問題は残る…

NASA スペースシャトル・チャレンジャー打ち上げ分解事故 (1986年)



データ視覚化が効果的だったら、惨事を防げたかもしれない事例

もちろん、危険軽視のガバナンスの問題は残る…

乗員 7名全員死亡

NASA スペースシャトル・チャレンジャー打ち上げ分解事故 (1986年)



データ視覚化が効果的だったら、惨事を防げたかもしれない事例

もちろん、危険軽視のガバナンスの問題は残る…

乗員 7名全員死亡

原因：燃料タンク接続部分が打ち上げ時加圧で開いたこと、接続部分のゴム製 O リングが打ち上げ当日の低温で硬直化して密閉しなかったこと

NASA スペースシャトル・チャレンジャー打ち上げ分解事故 (1986年)



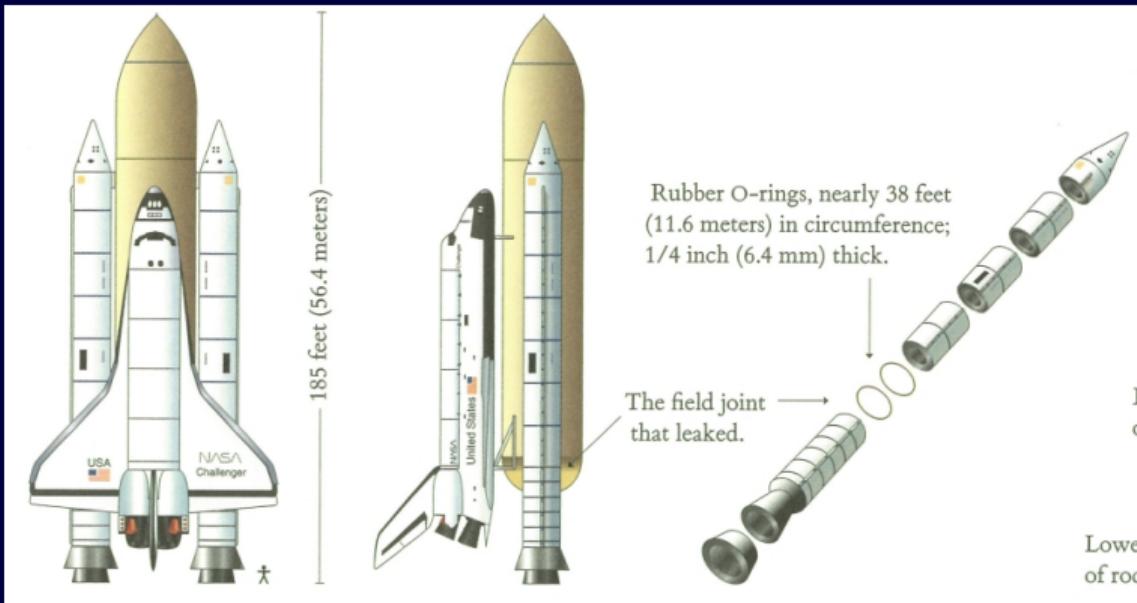
データ視覚化が効果的だったら、惨事を防げたかもしれない事例

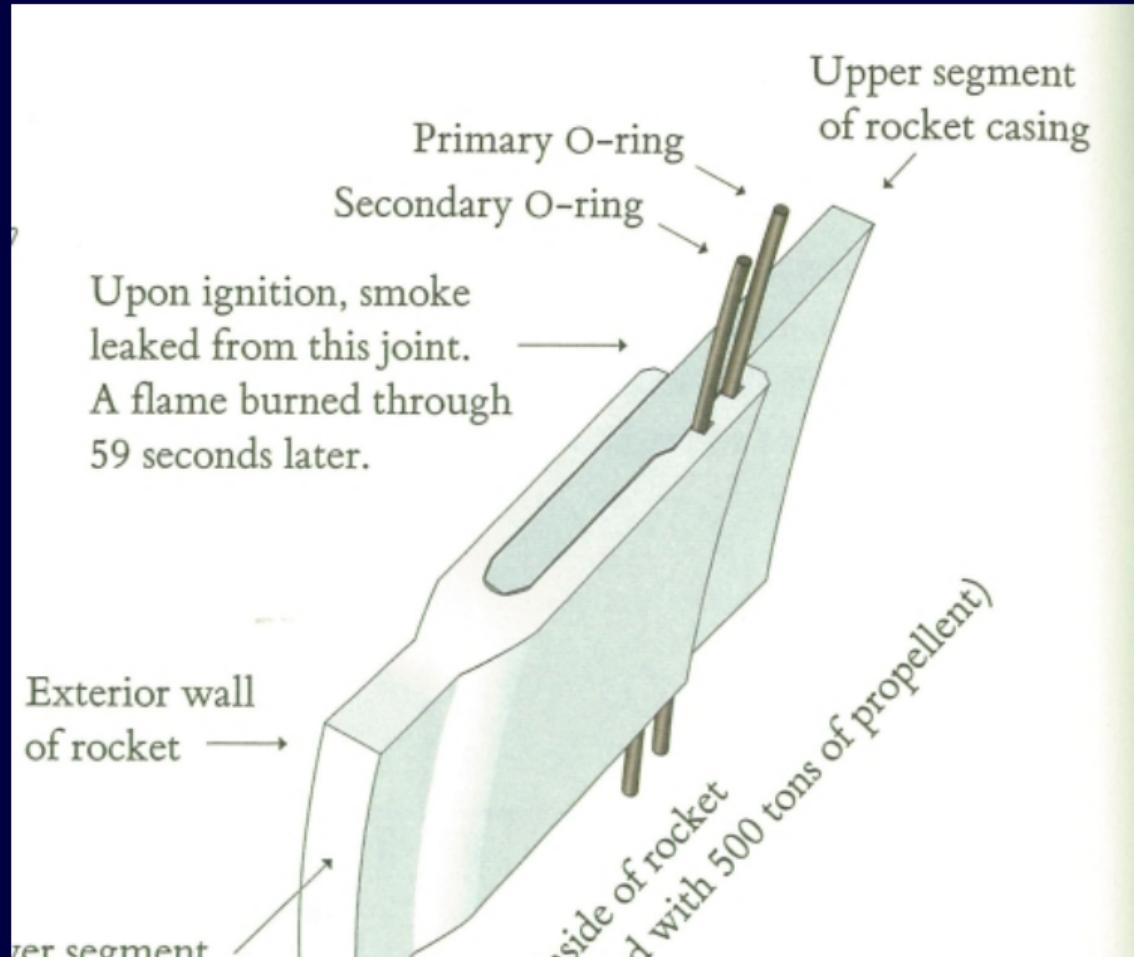
もちろん、危険軽視のガバナンスの問題は残る…

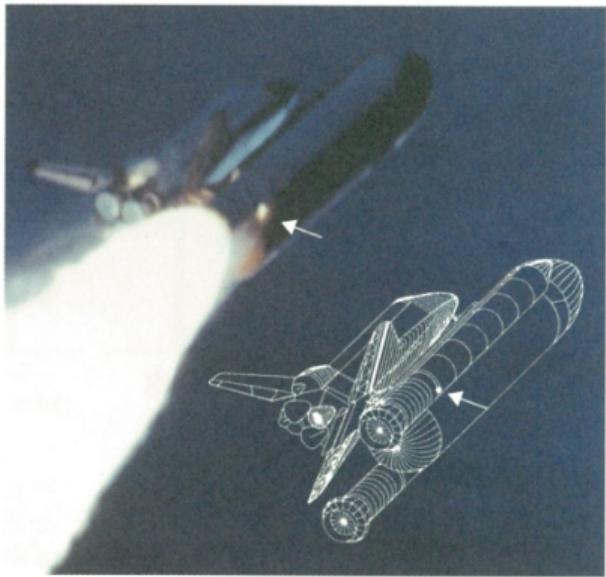
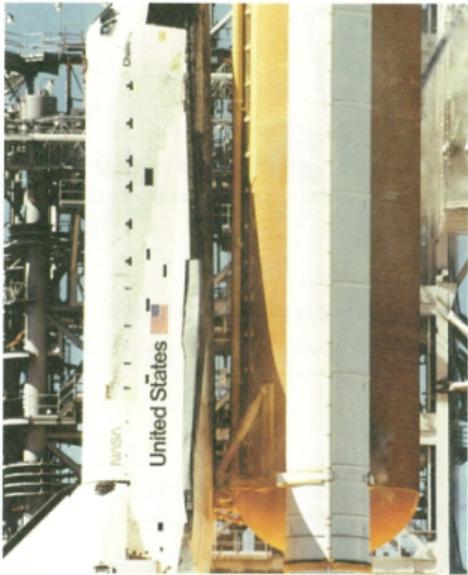
乗員 7名全員死亡

原因 : 燃料タンク接続部分が打ち上げ時加圧で開いたこと、接続部分のゴム製 O リングが打ち上げ当日の低温で硬直化して密閉しなかったこと

事故顛末 高温の燃料漏れによって燃焼破損した燃料タンクがロケット・ブースター接続部分を破壊、ブースターが回転して異常な方向への空圧を発生させてシャトル機体が分解、乗組員キャビンが空中に放出、高度 20km から海面に激突









打ち上げ前夜、エンジンを製作した Morton Thiokol 社の技術者は天気予報の低温を理由に打ち上げに反対

打ち上げ前夜、エンジンを製作した Morton Thiokol 社の技術者は天気予報の低温を理由に打ち上げに反対

MT 社技術者が反対のために準備した資料 (13 枚):

打ち上げ前夜、エンジンを製作した Morton Thiokol 社の技術者は天気予報の低温を理由に打ち上げに反対

MT 社技術者が反対のために準備した資料(13枚):

- 最も大事な気温 vs. O リング破損の関係提示: 無し

打ち上げ前夜、エンジンを製作した Morton Thiokol 社の技術者は天気予報の低温を理由に打ち上げに反対

MT 社技術者が反対のために準備した資料(13枚):

- 最も大事な気温 vs. O リング破損の関係提示: 無し

SRM: MT 社内で
使用された打ち
上げ番号

- SRM15[気温 11.6 度] と SRM22[気温 23.9 度] での O リング破損 情報提示

打ち上げ前夜、エンジンを製作した Morton Thiokol 社の技術者は天気予報の低温を理由に打ち上げに反対

MT 社技術者が反対のために準備した資料(13枚):

- 最も大事な気温 vs. O リング破損の関係提示: 無し
- SRM15[気温 11.6 度] と SRM22[気温 23.9 度] での O リング破損 情報提示
- O リング破損があった 7 件の破損状況の表 (気温情報なし)

SRM: MT 社内で
使用された打ち
上げ番号

打ち上げ前夜、エンジンを製作した Morton Thiokol 社の技術者は天気予報の低温を理由に打ち上げに反対

MT 社技術者が反対のために準備した資料(13枚):

- 最も大事な気温 vs. O リング破損の関係提示: 無し
- SRM15[気温 11.6 度] と SRM22[気温 23.9 度] での O リング破損 情報提示
- O リング破損があった 7 件の破損状況の表 (気温情報なし)
- 試作段階エンジンテスト 4 件と SRM15 と SRM22 の気温一覧 表 (その他 12 件の打ち上げ情報なし、O リング破損情報なし)

SRM: MT 社内で
使用された打ち
上げ番号

打ち上げ前夜、エンジンを製作した Morton Thiokol 社の技術者は天気予報の低温を理由に打ち上げに反対

MT 社技術者が反対のために準備した資料(13枚):

- 最も大事な気温 vs. O リング破損の関係提示: 無し
- SRM15[気温 11.6 度] と SRM22[気温 23.9 度] での O リング破損 情報提示
- O リング破損があった 7 件の破損状況の表 (気温情報なし)
- 試作段階エンジンテスト 4 件と SRM15 と SRM22 の気温一覧 表 (その他 12 件の打ち上げ情報なし、O リング破損情報なし)

SRM: MT 社内で
使用された打ち
上げ番号

「11.6 度以上が打ち上げの条件」という結論

打ち上げ前夜、エンジンを製作した Morton Thiokol 社の技術者は天気予報の低温を理由に打ち上げに反対

MT 社技術者が反対のために準備した資料(13枚):

- 最も大事な気温 vs. O リング破損の関係提示: 無し
- SRM15[気温 11.6 度] と SRM22[気温 23.9 度] での O リング破損 情報提示
- O リング破損があった 7 件の破損状況の表 (気温情報なし)
- 試作段階エンジンテスト 4 件と SRM15 と SRM22 の気温一覧 表 (その他 12 件の打ち上げ情報なし、O リング破損情報なし)

SRM: MT 社内で
使用された打ち
上げ番号

「11.6 度以上が打ち上げの条件」という結論 主張は明快だが根拠が不明快

NASA幹部らは度重なる打ち上げ延期を気にしており、早期に打ち上げたいと考えていた (Berkes, 2012)

NASA幹部らは度重なる打ち上げ延期を気にしており、早期に打ち上げたいと考えていた (Berkes, 2012)

Manager of the Solid Rocket Booster project, George Hardy told Thiokol:

I am appalled. I am appalled by your recommendation.

NASA幹部らは度重なる打ち上げ延期を気にしており、早期に打ち上げたいと考えていた (Berkes, 2012)

Manager of the Solid Rocket Booster project, George Hardy told Thiokol:

I am appalled. I am appalled by your recommendation.

Lawrence Mulloy, George C. Marshall Space Flight Center's Manager for the SRB project, said:

My God, Thiokol, when do you want me to launch—next April?

NASA幹部らは度重なる打ち上げ延期を気にしており、早期に打ち上げたいと考えていた (Berkes, 2012)

Manager of the Solid Rocket Booster project, George Hardy told Thiokol:

I am appalled. I am appalled by your recommendation.

Lawrence Mulloy, George C. Marshall Space Flight Center's Manager for the SRB project, said:

My God, Thiokol, when do you want me to launch—next April?

NASA幹部たちは打ち上げ延期に反対し、危険である証拠を要求

NASA幹部らは度重なる打ち上げ延期を気にしており、早期に打ち上げたいと考えていた (Berkes, 2012)

Manager of the Solid Rocket Booster project, George Hardy told Thiokol:

I am appalled. I am appalled by your recommendation.

Lawrence Mulloy, George C. Marshall Space Flight Center's Manager for the SRB project, said:

My God, Thiokol, when do you want me to launch—next April?

NASA幹部たちは打ち上げ延期に反対し、危険である証拠を要求

最終的にMT社幹部も打ち上げに賛同

NASA幹部らは度重なる打ち上げ延期を気にしており、早期に打ち上げたいと考えていた (Berkes, 2012)

Manager of the Solid Rocket Booster project, George Hardy told Thiokol:

I am appalled. I am appalled by your recommendation.

Lawrence Mulloy, George C. Marshall Space Flight Center's Manager for the SRB project, said:

My God, Thiokol, when do you want me to launch—next April?

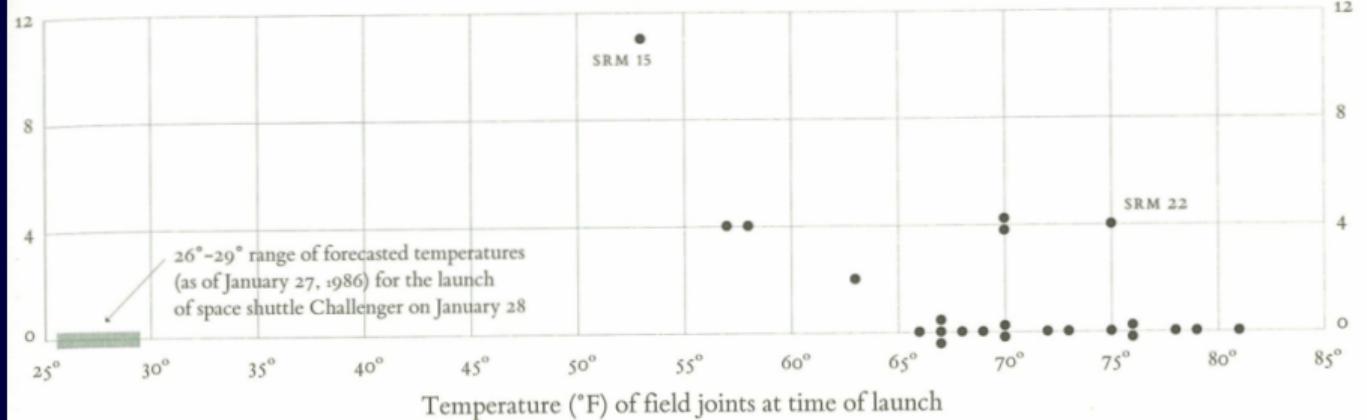
NASA幹部たちは打ち上げ延期に反対し、危険である証拠を要求

最終的にMT社幹部も打ち上げに賛同

お薦め: Netflix ドキュメンタリー *Challenger* (監督 Daniel Junge, Steven Leckart), Episode 3, 00:18:00-00:27:00 に技術者反対から打ち上げ決定までの詳細あり

MT 社技術者が用意すべきだった図 (Tufte, 2006, p.45)

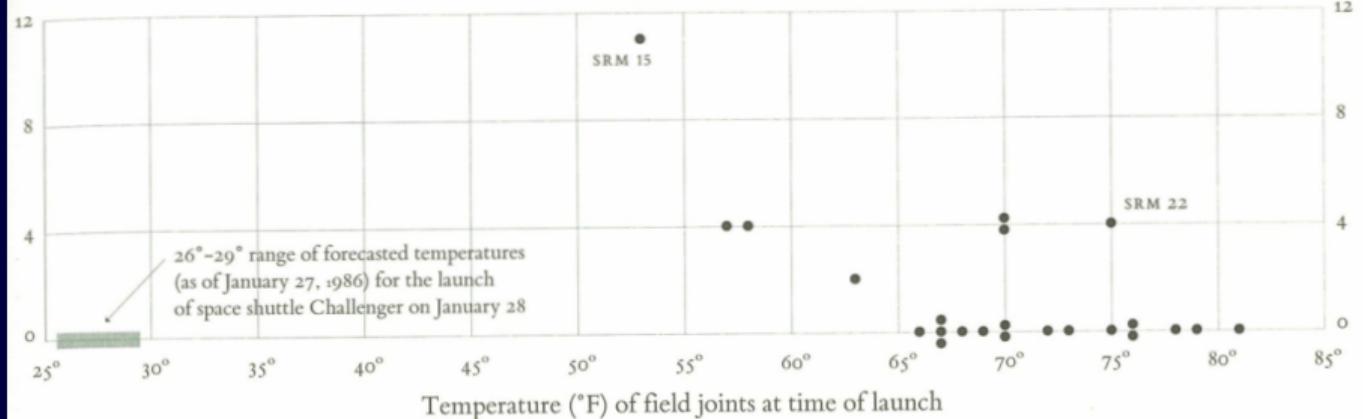
O-ring damage
index, each launch



損傷指数 (damage index) は損傷の内容を考慮した総合損傷度合い、事故調査委員会資料で計算された

MT 社技術者が用意すべきだった図 (Tufte, 2006, p.45)

O-ring damage
index, each launch

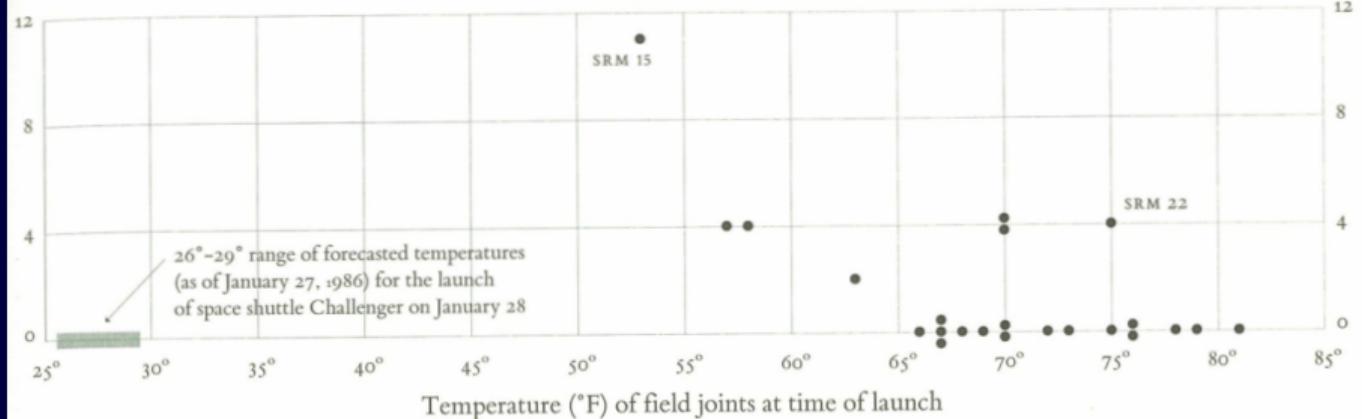


損傷指数 (damage index) は損傷の内容を考慮した総合損傷度合い、事故調査委員会資料で計算された

複数の損傷内容を 1 つの数字にまとめると、結果を見やすくする

MT 社技術者が用意すべきだった図 (Tufte, 2006, p.45)

O-ring damage
index, each launch



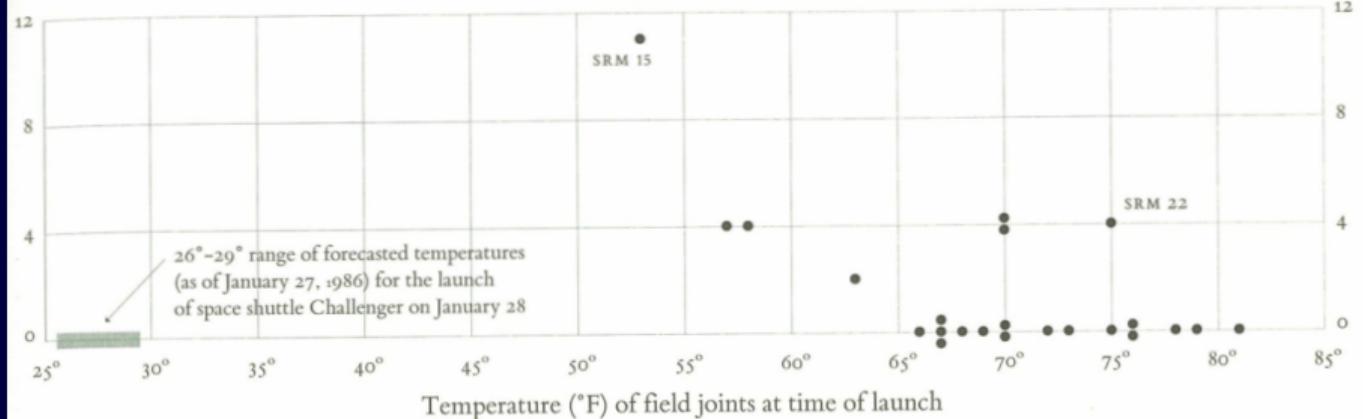
損傷指数 (damage index) は損傷の内容を考慮した総合損傷度合い、事故調査委員会資料で計算された

複数の損傷内容を 1 つの数字にまとめると、結果を見やすくする

気温 ⇒ 損傷の程度、という因果関係を見るという目的 → 損傷無しの事例 (右下部分) も載せる

MT 社技術者が用意すべきだった図 (Tufte, 2006, p.45)

O-ring damage
index, each launch



損傷指数 (damage index) は損傷の内容を考慮した総合損傷度合い、事故調査委員会資料で計算された

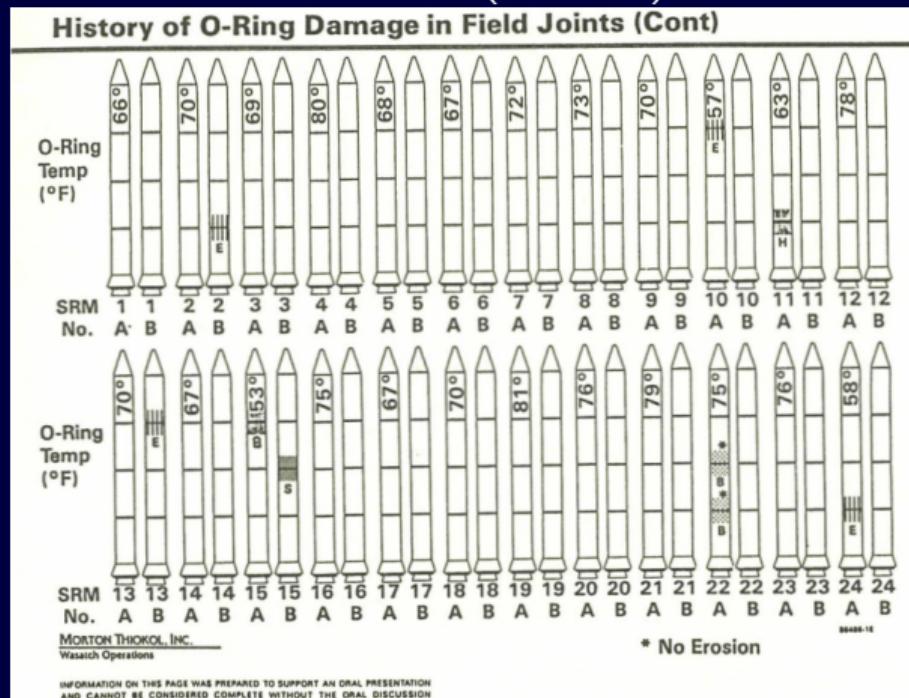
複数の損傷内容を 1 つの数字にまとめると、結果を見やすくする

気温 ⇒ 損傷の程度、という因果関係を見るという目的 → 損傷無しの事例 (右下部分) も載せる

今回の打ち上げの参考にする → 今回の気温も含める

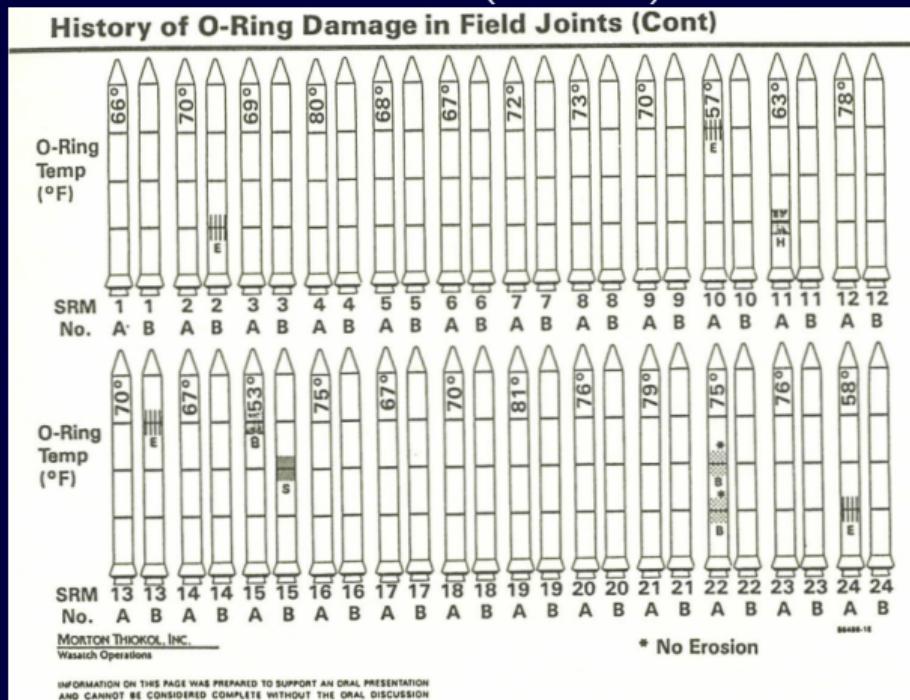
事故調査委員会報告書(1986年)の図示

悪い点(Tufte, 2006, pp.47-48)



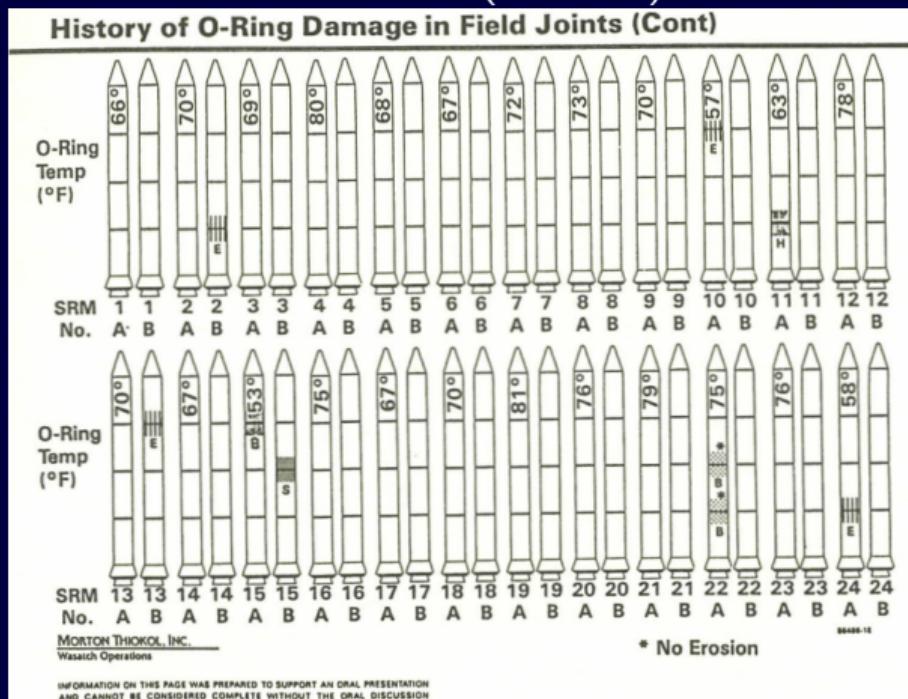
事故調査委員会報告書(1986年)の図示

悪い点(Tufte, 2006, pp.47-48)



凡例なし: マークの意味が分からぬ

事故調査委員会報告書(1986年)の図示

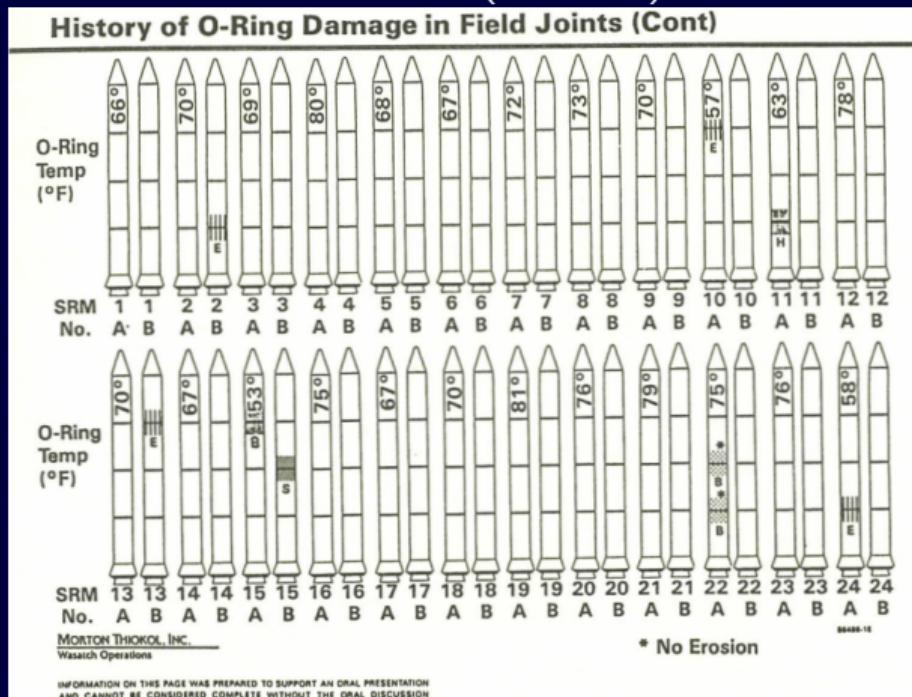


悪い点 (Tuft, 2006, pp.47-48)

凡例なし: マークの意味が分からない

データ・インク比率が小さい: data-ink ratio=インク量のうちデータに使われる比率、が多いほど単純明快な図になりやすい。装飾などのチャート・ジャンク (chart junk、データ以外のゴミ情報) を無くすべき。

事故調査委員会報告書(1986年)の図示



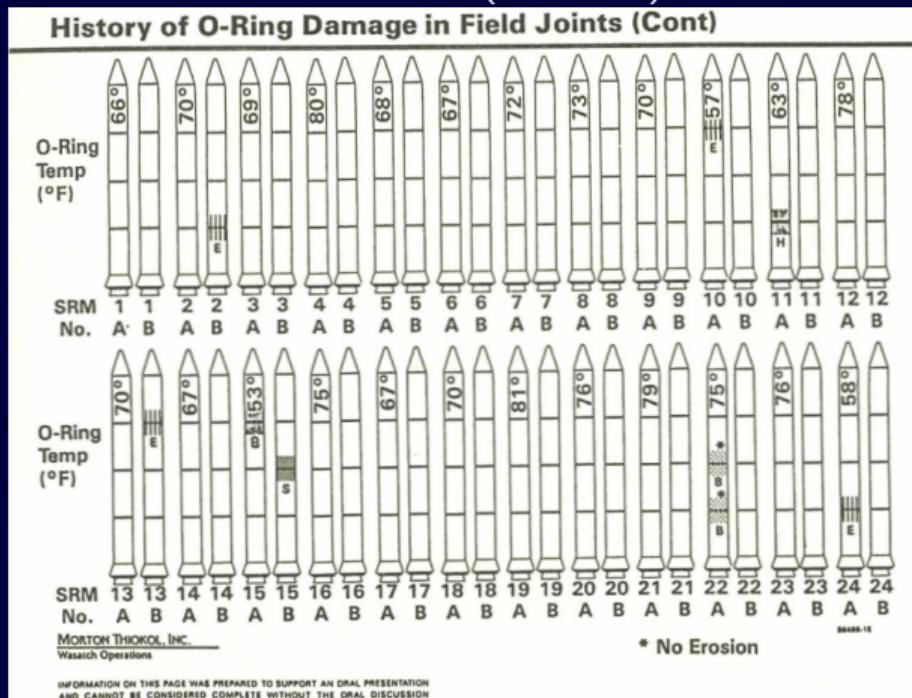
悪い点 (Tuft, 2006, pp.47-48)

凡例なし: マークの意味が分からない

データ・インク比率が小さい: data-ink ratio=インク量のうちデータに使われる比率、が多いほど単純明快な図になりやすい。装飾などのチャート・ジャンク (chart junk、データ以外のゴミ情報) を無くすべき。

明快な関係提示なし: 因果関係 ($p \Rightarrow q$) ならば p, q が際立って表示されるべき。因果関係に沿わない順序 (気温と破損の因果関係で日付に順序としての意味はない) をやめて気温順に配列すべき。図で因果関係・相関関係が明快でない=分析者の理解も明快でない (=自分が分かっていないことを説明している)。

事故調査委員会報告書(1986年)の図示



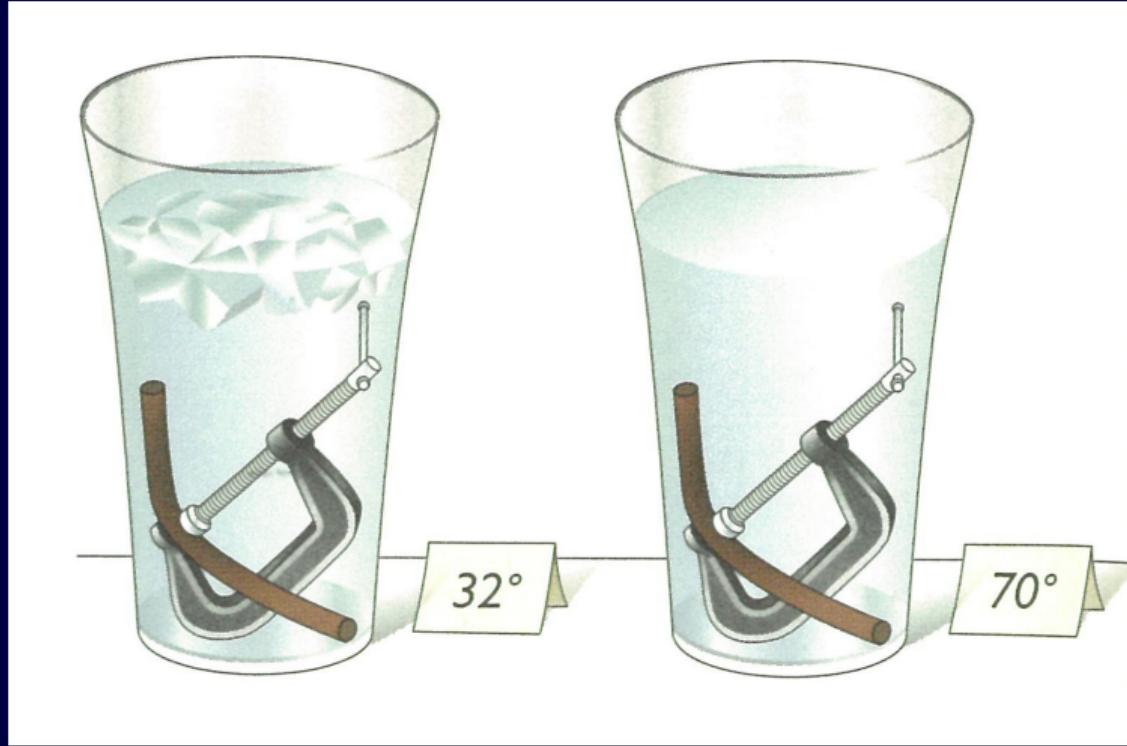
悪い点 (Tuft, 2006, pp.47-48)

凡例なし: マークの意味が分からない

データ・インク比率が小さい: data-ink ratio=インク量のうちデータに使われる比率、が多いほど単純明快な図になりやすい。装飾などのチャート・ジャンク (chart junk、データ以外のゴミ情報) を無くすべき。

明快な関係提示なし: 因果関係 ($p \Rightarrow q$) ならば p, q が際立って表示されるべき。因果関係に沿わない順序 (気温と破損の因果関係で日付に順序としての意味はない) をやめて気温順に配列すべき。図で因果関係・相関関係が明快でない=分析者の理解も明快でない (=自分が分かっていないことを説明している)。

氷水とゴムを使った実験



事故調委員リチャード・ファインマンの結びの言葉

技術を結実させるためには、広報よりも現実を優先させなければならぬ、自然は騙すことができないから。

For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for Nature cannot be fooled.

事故調委員リチャード・ファインマンの結びの言葉

技術を結実させるためには、広報よりも現実を優先させなければならぬ、自然は騙すことができないから。

For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for Nature cannot be fooled.

効果的にデータを視覚化できていれば、説得力を以て危険性を示すことができた

事故調委員リチャード・ファインマンの結びの言葉

技術を結実させるためには、広報よりも現実を優先させなければならぬ、自然は騙すことができないから。

For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for Nature cannot be fooled.

効果的にデータを視覚化できていれば、説得力を以て危険性を示すことができた
解決策：気温が高い時期まで打ち上げ延期

事故調委員リチャード・ファインマンの結びの言葉

技術を結実させるためには、広報よりも現実を優先させなければならぬ、自然は騙すことができないから。

For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for Nature cannot be fooled.

効果的にデータを視覚化できていれば、説得力を以て危険性を示すことができた

解決策：気温が高い時期まで打ち上げ延期

打ち上げを決めた人たち：自分が乗組員でも同じ判断をするか

事故調委員リチャード・ファインマンの結びの言葉

技術を結実させるためには、広報よりも現実を優先させなければならぬ、自然は騙すことができないから。

For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for Nature cannot be fooled.

効果的にデータを視覚化できていれば、説得力を以て危険性を示すことができた

解決策：気温が高い時期まで打ち上げ延期

打ち上げを決めた人たち：自分が乗組員でも同じ判断をするか

NASA の目標重視、安全性軽視は変わったのか

スペースシャトル・コロンビア大気圏再突入爆発事故 (2003年)

スペースシャトル・コロンビア大気圏再突入爆発事故(2003年)

打ち上げ時に断熱材破損、破片 → 機体に衝突

スペースシャトル・コロンビア大気圏再突入爆発事故(2003年)

打ち上げ時に断熱材破損、破片 → 機体に衝突

映像により NASA はこのことに気付き、12日後の大気圏再突入までに危険を検討した

スペースシャトル・コロンビア大気圏再突入爆発事故(2003年)

打ち上げ時に断熱材破損、破片 → 機体に衝突

映像により NASA はこのことに気付き、12日後の大気圏再突入までに危険を検討した

燃料タンクの spray-on form insulation 吹き付け式断熱材

スペースシャトル・コロンビア大気圏再突入爆発事故(2003年)

打ち上げ時に断熱材破損、破片 → 機体に衝突

映像により NASA はこのことに気付き、12日後の大気圏再突入までに危険を検討した

燃料タンクの spray-on form insulation 吹き付け式断熱材

損傷を決める要因

スペースシャトル・コロンビア大気圏再突入爆発事故(2003年)

打ち上げ時に断熱材破損、破片 → 機体に衝突

映像により NASA はこのことに気付き、12日後の大気圏再突入までに危険を検討した

燃料タンクの spray-on form insulation 吹き付け式断熱材

損傷を決める要因

エネルギー量 体積(19.66 リットル)×(時速 960km)²

スペースシャトル・コロンビア大気圏再突入爆発事故(2003年)

打ち上げ時に断熱材破損、破片 → 機体に衝突

映像により NASA はこのことに気付き、12日後の大気圏再突入までに危険を検討した

燃料タンクの spray-on form insulation 吹き付け式断熱材

損傷を決める要因

エネルギー量 体積(19.66 リットル)×(時速 960km)²

衝突箇所の素材 RCC(炭素繊維強化炭素複合材料)かタイルか

スペースシャトル・コロンビア大気圏再突入爆発事故(2003年)

打ち上げ時に断熱材破損、破片 → 機体に衝突

映像により NASA はこのことに気付き、12日後の大気圏再突入までに危険を検討した

燃料タンクの spray-on form insulation 吹き付け式断熱材

損傷を決める要因

エネルギー量 体積(19.66 リットル)×(時速 960km)²

衝突箇所の素材 RCC(炭素繊維強化炭素複合材料)かタイルか

衝突角度 21 度か 4-13 度か

スペースシャトル・コロンビア大気圏再突入爆発事故(2003年)

打ち上げ時に断熱材破損、破片 → 機体に衝突

映像により NASA はこのことに気付き、12日後の大気圏再突入までに危険を検討した

燃料タンクの spray-on form insulation 吹き付け式断熱材

損傷を決める要因

エネルギー量 体積(19.66 リットル)×(時速 960km)²

衝突箇所の素材 RCC(炭素繊維強化炭素複合材料)かタイルか

衝突角度 21 度か 4-13 度か

RCC の方が脆く、角度が急なので損傷は大きい

スペースシャトル・コロンビア大気圏再突入爆発事故(2003年)

打ち上げ時に断熱材破損、破片 → 機体に衝突

映像により NASA はこのことに気付き、12日後の大気圏再突入までに危険を検討した

燃料タンクの spray-on form insulation 吹き付け式断熱材

損傷を決める要因

エネルギー量 体積(19.66 リットル) × (時速 960km)²

衝突箇所の素材 RCC(炭素繊維強化炭素複合材料) かタイルか

衝突角度 21 度か 4-13 度か

RCC の方が脆く、角度が急なので損傷は大きい

データ視覚化の技法というより、安全軽視のガバナンスの問題

スペースシャトル・コロンビア大気圏再突入爆発事故(2003年)

打ち上げ時に断熱材破損、破片 → 機体に衝突

映像により NASA はこのことに気付き、12日後の大気圏再突入までに危険を検討した

燃料タンクの spray-on form insulation 吹き付け式断熱材

損傷を決める要因

エネルギー量 体積(19.66 リットル) × (時速 960km)²

衝突箇所の素材 RCC(炭素繊維強化炭素複合材料) かタイルか

衝突角度 21 度か 4-13 度か

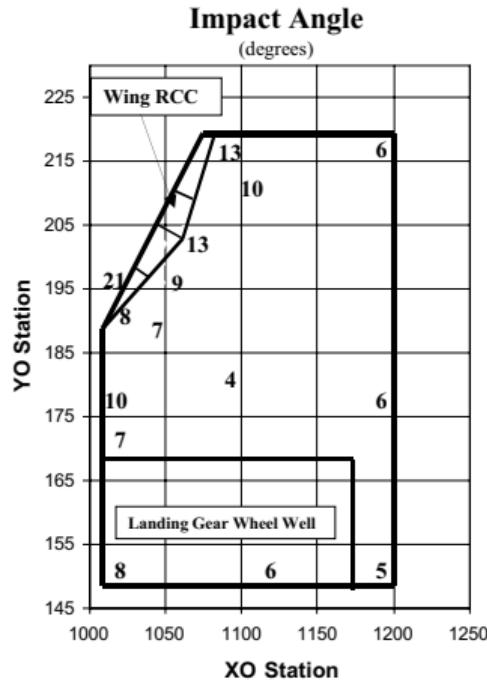
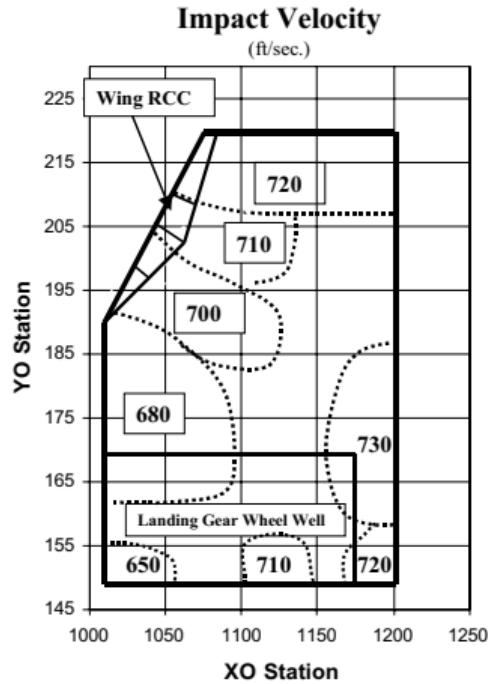
RCC の方が脆く、角度が急なので損傷は大きい

データ視覚化の技法というより、安全軽視のガバナンスの問題

情報公開法: <https://www.nasa.gov/columbia/foia/index.html>

Velocity and Impact Angle Distribution Inside Impact Area

(Debris Size = 20" x 10" x 6", Density = 2.4 lb/ft³)



STS-107 Debris Impacting Orbiter Wing

BOEING

ボーアイング社の専門家が3つの報
告書を提出、説明

ボーアイング社の専門家が3つの報
告書を提出、説明

「結論： タイル複数枚喪失が基準値
以上の熱を引き起こさなければ、
損傷しても安全に帰還（複数枚の熱
分析は計算中）」

ボーイング社の専門家が3つの報告書を提出、説明

「結論： タイル複数枚喪失が基準値以上の熱を引き起こさなければ、損傷しても安全に帰還（複数枚の熱分析は計算中）」

→大気圏再突入時にシャトル爆発



(Potentially) Similar STS-50 Impact Demonstrates that Damage is Possible

タイル耐性の分析

- Damage to aft lower tile (0.5”d x 9”L x 4” W) on wing was found after STS-50 landing; wheel well camera also observed missing ET bipod ramp insulation similar in size
- Small variation in energy input could substantially increase damage
- Incidence angle for STS-107 is predicted higher than STS-50

Volume = 1920in³

L (in)	d (in)	V (ft/sec)	Angle	Vadj (in/sec)	Flt Damage	damage (depth)	Normal Energy	
20	6	700	3.2	69	0.50	0.53	100%	STS-50 (estimated conditions)
20	6	770	3.2	116		0.75	121%	STS-50 plus 10% velocity
20	6	700	5.2	361		1.60	264%	STS-50 plus 2 deg incidence angle
20	6	600	3.2	2		0.05	73%	STS-50 "threshold"
20	6	720	10	1100		3.37	1024%	STS-107
20	6	788	10	1243		3.66	1228%	STS-107 + 10% energy
20	6	914	10	1505		4.16	1650%	STS-107 + 50% energy
20	6	720	10	700		2.49	551%	STS-107 with V* = 800

V*	C	density (SOFI)	density (tile)	Strength (tile)	
400	0.0195	0.0014	0.0052	53	219912

Volume	V* (in/sec)	Ratio	power	V* (ft/sec)
0.11	6500	1.0	3.5	542 test
0.33	4500	0.8		375 test
1.00	3200	0.8		267 test
3.00	2500	1.0		208 test
1920	400	1.0		33 flight

Volume vs V* (velocity to penetrate tile coating)



2/21/03

7

Sacred Heart, IDE

(Potentially) Similar STS-50 Impact Demonstrates that Damage is Possible

コロンビア

以前のフライト

タイル耐性の分析

- Damage to aft lower tile (0.5”d x 9”L x 4” W) on wing was found after **STS-50** landing; wheel well camera also observed missing ET bipod ramp insulation similar in size
- Small variation in energy input could substantially increase damage
- Incidence angle for **STS-107** is predicted higher than STS-50

Volume = 1920in³

L (in)	d (in)	V (ft/sec)	Angle	Vadj (in/sec)	Flt Damage	damage (depth)	Normal Energy	
20	6	700	3.2	69	0.50	0.53	100%	STS-50 (estimated conditions)
20	6	770	3.2	116		0.75	121%	STS-50 plus 10% velocity
20	6	700	5.2	361		1.60	264%	STS-50 plus 2 deg incidence angle
20	6	600	3.2	2		0.05	73%	STS-50 "threshold"
20	6	720	10	1100		3.37	1024%	STS-107
20	6	788	10	1243		3.66	1228%	STS-107 + 10% energy
20	6	914	10	1505		4.16	1650%	STS-107 + 50% energy
20	6	720	10	700		2.49	551%	STS-107 with V* = 800

V*	C (SOFI)	density (tile)	density (tile)	Strength (tile)	
400	0.0195	0.0014	0.0052	53	219912

Volume	V* (in/sec)	Ratio	power	V* (ft/sec)
0.11	6500	1.0	3.5	542 test
0.33	4500	0.8		375 test
1.00	3200	0.8		267 test
3.00	2500	1.0		208 test
1920	400	1.0		33 flight

Volume vs V* (velocity to penetrate tile coating)



2/21/03

7

Sacred Heart, IDE

(Potentially) Similar STS-50 Impact Demonstrates that Damage is Possible

コロンビア

以前のフライト

- Damage to aft lower tile (0.5”d x 9”L x 4” W) on wing was found after **STS-50** landing; wheel well camera also observed missing ET bipod ramp insulation similar in size
- Small variation in energy input could substantially increase damage
- Incidence angle for **STS-107** is predicted higher than STS-50

Volume = 1920in³

L (in)	d (in)	V (ft/sec)	Angle	Vadj (in/sec)	Flt Damage	damage (depth)	Normal Energy	
20	6	700	3.2	69	0.50	0.53	100%	STS-50 (estimated conditions)
20	6	770	3.2	116		0.75	121%	STS-50 plus 10% velocity
20	6	700	5.2	361		1.60	264%	STS-50 plus 2 deg incidence angle
20	6	600	3.2	2		0.05	73%	STS-50 "threshold"
20	6	720	10	1100		3.37	1024%	STS-107
20	6	788	10	1243		3.66	1228%	STS-107 + 10% energy
20	6	914	10	1505		4.16	1650%	STS-107 + 50% energy
20	6	720	10	700		2.49	551%	STS-107 with V* = 800

V*	C (SOFI)	density (tile)	density (tile)	Strength (tile)	
400	0.0195	0.0014	0.0052	53	219912

Volume	V* (in/sec)	Ratio	power	V* (ft/sec)
0.11	6500	1.0	3.5	542 test
0.33	4500	0.8		375 test
1.00	3200	0.8		267 test
3.00	2500	1.0		208 test
1920	400	1.0		33 flight

Volume vs V* (velocity to penetrate tile coating)

タイル耐性の分析

過去の事故事例との比較



2/21/03

7

Sacred Heart, IDE

(Potentially) Similar STS-50 Impact Demonstrates that Damage is Possible

コロンビア

以前のフライト

- Damage to aft lower tile (0.5”d x 9”L x 4” W) on wing was found after **STS-50** landing; wheel well camera also observed missing ET bipod ramp insulation similar in size
- Small variation in energy input could substantially increase damage
- Incidence angle for **STS-107** is predicted higher than STS-50

タイル耐性の分析

過去の事故事例との比較

体積
固定
速度 V
と角度
と貫通
深度

Volume = 1920in ³						
L (in)	d (in)	V (ft/sec)	Angle	Vadj (in/sec)	Flt Damage	damage (depth)
20	6	700	3.2	69	0.50	0.53
20	6	770	3.2	116		0.75
20	6	700	5.2	361		1.60
20	6	600	3.2	2		0.05
20	6	720	10	1100		3.37
20	6	788	10	1243		3.66
20	6	914	10	1505		4.16
20	6	720	10	700		2.49
Normal Energy						
STS-50 (estimated conditions)						
STS-50 plus 10% velocity						
STS-50 plus 2 deg incidence angle						
STS-50 "threshold"						
STS-107						
STS-107 + 10% energy						
STS-107 + 50% energy						
STS-107 with V* = 800						
density (SOFI)						
V*	C	density (tile)	Strength (tile)			
400	0.0195	0.0014	0.0052	219912		
Volume	V* (in/sec)		Ratio	power	V* (ft/sec)	
0.11	6500			1.0	3.5	542 test
0.33	4500			0.8		375 test
1.00	3200			0.8		267 test
3.00	2500			1.0		208 test
1920	400			1.0		33 flight
Volume vs V* (velocity to penetrate tile coating)						



2/21/03

7

Sacred Heart, IDE

(Potentially) Similar STS-50 Impact Demonstrates that Damage is Possible

コロンビア

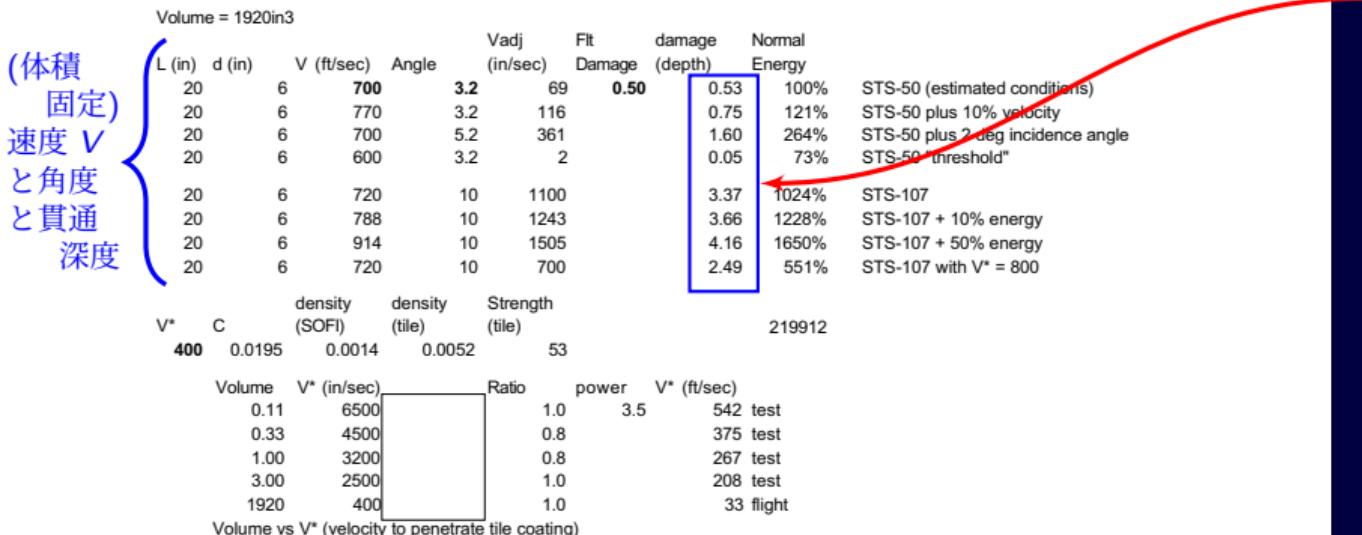
以前のフライト

- Damage to aft lower tile (0.5”d x 9”L x 4” W) on wing was found after STS-50 landing; wheel well camera also observed missing ET bipod ramp insulation similar in size
- Small variation in energy input could substantially increase damage
- Incidence angle for STS-107 is predicted higher than STS-50

タイル耐性の分析

過去の事故事例との比較

衝突角度が少しでも大きいと、エネルギーが増えてダメージが大きくなる



2/21/03

7

Sacred Heart, IDE

(Potentially) Similar STS-50 Impact Demonstrates that Damage is Possible

コロンビア

以前のフライト

- Damage to aft lower tile (0.5”d x 9”L x 4” W) on wing was found after STS-50 landing; wheel well camera also observed missing ET bipod ramp insulation similar in size
- Small variation in energy input could substantially increase damage
- Incidence angle for STS-107 is predicted higher than STS-50

Volume = 1920in³

L (in)	d (in)	V (ft/sec)	Angle	Vadj (in/sec)	Flt Damage	damage (depth)	Normal Energy	
20	6	700	3.2	69	0.50	0.53	100%	STS-50 (estimated conditions)
20	6	770	3.2	116		0.75	121%	STS-50 plus 10% velocity
20	6	700	5.2	361		1.60	264%	STS-50 plus 2 deg incidence angle
20	6	600	3.2	2		0.05	73%	STS-50 "threshold"
20	6	720	10	1100		3.37	1024%	STS-107
20	6	788	10	1243		3.66	1228%	STS-107 + 10% energy
20	6	914	10	1505		4.16	1650%	STS-107 + 50% energy
20	6	720	10	700		2.49	551%	STS-107 with V* = 800

V*	C	density (SOFI)	density (tile)	Strength (tile)	
400	0.0195	0.0014	0.0052	53	219912

Volume	V* (in/sec)	Ratio	power	V* (ft/sec)
0.11	6500	1.0	3.5	542 test
0.33	4500	0.8		375 test
1.00	3200	0.8		267 test
3.00	2500	1.0		208 test
1920	400	1.0		33 flight

Volume vs V* (velocity to penetrate tile coating)

タイル耐性の分析

過去の事故事例との比較

衝突角度が少しでも大きいと、エネルギーが増えてダメージが大きくなる

コロンビアの衝突角度は参考事例よりも大きいと予測



(Potentially) Similar STS-50 Impact Demonstrates that Damage is Possible

コロンビア

以前のフライト

- Damage to aft lower tile (0.5”d x 9”L x 4” W) on wing was found after STS-50 landing; wheel well camera also observed missing ET bipod ramp insulation similar in size
- Small variation in energy input could substantially increase damage
- Incidence angle for STS-107 is predicted higher than STS-50

Volume = 1920in³

L (in)	d (in)	V (ft/sec)	Angle	Vadj (in/sec)	Flt Damage	damage (depth)	Normal Energy	
20	6	700	3.2	69	0.50	0.53	100%	STS-50 (estimated conditions)
20	6	770	3.2	116		0.75	121%	STS-50 plus 10% velocity
20	6	700	5.2	361		1.60	264%	STS-50 plus 2 deg incidence angle
20	6	600	3.2	2		0.05	73%	STS-50 "threshold"
20	6	720	10	1100		3.37	1024%	STS-107
20	6	788	10	1243		3.66	1228%	STS-107 + 10% energy
20	6	914	10	1505		4.16	1650%	STS-107 + 50% energy
20	6	720	10	700		2.49	551%	STS-107 with V* = 800

V*	C (SOFI)	density (tile)	Strength (tile)	
400	0.0195	0.0014	0.0052	53
				219912

Volume	V* (in/sec)	Ratio	power	V* (ft/sec)	
0.11	6500		1.0	3.5	542 test
0.33	4500		0.8		375 test
1.00	3200		0.8		267 test
3.00	2500		1.0		208 test
1920	400		1.0		33 flight

Volume vs V* (velocity to penetrate tile coating)

タイル耐性の分析

過去の事故事例との比較

衝突角度が少しでも大きいと、エネルギーが増えてダメージが大きくなる

コロンビアの衝突角度は参考事例よりも大きいと予測

(角度と密度固定)
体積と
RCC 貫通速度 V*



2/21/03

7

Sacred Heart, IDE

(Potentially) Similar STS-50 Impact Demonstrates that Damage is Possible

コロンビア

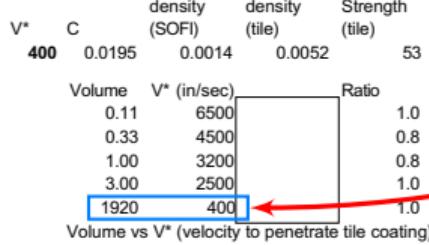
以前のフライト

- Damage to aft lower tile (0.5”d x 9”L x 4” W) on wing was found after STS-50 landing; wheel well camera also observed missing ET bipod ramp insulation similar in size
- Small variation in energy input could substantially increase damage
- Incidence angle for STS-107 is predicted higher than STS-50

Volume = 1920in³

（体積
固定）
速度 V
と角度
と貫通
深度

L (in)	d (in)	V (ft/sec)	Angle	Vadj (in/sec)	Flt Damage	damage (depth)	Normal Energy	
20	6	700	3.2	69	0.50	0.53	100%	STS-50 (estimated conditions)
20	6	770	3.2	116		0.75	121%	STS-50 plus 10% velocity
20	6	700	5.2	361		1.60	264%	STS-50 plus 2 deg incidence angle
20	6	600	3.2	2		0.05	73%	STS-50 "threshold"
20	6	720	10	1100		3.37	1024%	STS-107
20	6	788	10	1243		3.66	1228%	STS-107 + 10% energy
20	6	914	10	1505		4.16	1650%	STS-107 + 50% energy
20	6	720	10	700		2.49	551%	STS-107 with V* = 800



タイル耐性の分析

過去の事故事例との比較

衝突角度が少しでも大きいと、エネルギーが増えてダメージが大きくなる

コロンビアの衝突角度は参考事例よりも大きいと予測

SOFI の体積は実験データ最大体積の 640 倍あるので、貫通速度は著しく低い



2/21/03

7

Sacred Heart, IDE

RCC Predicted Damage at Incidence Angles Greater than 15 Degrees Based on Ice Database

Impactor		Damage
Angle	Velocity (fps)	Depth (in.)
5	720	0.11
10	720	0.18
15	720	0.23
20	720	0.28
25	720	0.33

Debris Size = 20" x 10" x 6" 45° angle of wing was taken into account

Density = 2.4 lb/ft³ Nominal panel thickness is 0.233 in.

RCC is clearly capable of withstanding impacts of at least 15 degrees; relative softness of SOFI (compared to ice) would indicate greater capability

- Maximum reported angle of 21 degrees is not a problem
- Looking at using Window ice and RTV data as an analog



2/21/03

8

RCC コーティング耐性の分析

「氷データベースでの衝突角度 15 度以上での RCC への予測ダメージ」

RCC Predicted Damage at Incidence Angles Greater than 15 Degrees Based on Ice Database

Impactor		Damage
Angle	Velocity (fps)	Depth (in.)
5	720	0.11
10	720	0.18
15	720	0.23
20	720	0.28
25	720	0.33

Debris Size = 20" x 10" x 6" 45° angle of wing was taken into account

Density = 2.4 lb/ft³ Nominal panel thickness is 0.233 in.

RCC is clearly capable of withstanding impacts of at least 15 degrees; relative softness of SOFI (compared to ice) would indicate greater capability

- Maximum reported angle of 21 degrees is not a problem
- Looking at using Window ice and RTV data as an analog



2/21/03

8

RCC コーティング耐性の分析

「氷データベースでの衝突角度 15 度以上での RCC への予測ダメージ」

(推定衝突角度で RCC を貫通するかを氷で考えた)

RCC Predicted Damage at Incidence Angles Greater than 15 Degrees Based on Ice Database

Impactor		Damage
Angle	Velocity (fps)	Depth (in.)
5	720	0.11
10	720	0.18
15	720	0.23
20	720	0.28
25	720	0.33

Debris Size = 20" x 10" x 6" 45° angle of wing was taken into account

Density = 2.4 lb/ft³ Nominal panel thickness is 0.233 in.

RCC is clearly capable of withstanding impacts of at least 15 degrees; relative softness of SOFI (compared to ice) would indicate greater capability

- Maximum reported angle of 21 degrees is not a problem
- Looking at using Window ice and RTV data as an analog



2/21/03

8

RCC コーティング耐性の分析

「氷データベースでの衝突角度 15 度以上での RCC への予測ダメージ」

(推定衝突角度で RCC を貫通するかを氷で考えた)

「RC の厚さが .23 なので氷で衝突角度 15 度まで大丈夫」

RCC Predicted Damage at Incidence Angles Greater than 15 Degrees Based on Ice Database

Impactor		Damage
Angle	Velocity (fps)	Depth (in.)
5	720	0.11
10	720	0.18
15	720	0.23
20	720	0.28
25	720	0.33

Debris Size = 20" x 10" x 6"

45° angle of wing was taken into account

Density = 2.4 lb/ft³

Nominal panel thickness is 0.233 in.

RCC is clearly capable of withstanding impacts of at least 15 degrees; relative softness of SOFI (compared to ice) would indicate greater capability

- Maximum reported angle of 21 degrees is not a problem
- Looking at using Window ice and RTV data as an analog



2/21/03

8

RCC コーティング耐性の分析

「氷データベースでの衝突角度 15 度以上での RCC への予測ダメージ」

(推定衝突角度で RCC を貫通するかを氷で考えた)

「RC の厚さが .23 なので氷で衝突角度 15 度まで大丈夫」

RCC Predicted Damage at Incidence Angles Greater than 15 Degrees Based on Ice Database

Impactor		Damage
Angle	Velocity (fps)	Depth (in.)
5	720	0.11
10	720	0.18
15	720	0.23
20	720	0.28
25	720	0.33

Debris Size = 20" x 10" x 6"

45° angle of wing was taken into account

Density = 2.4 lb/ft³

Nominal panel thickness is 0.233 in.

RCC is clearly capable of withstanding impacts of at least 15 degrees; relative softness of SOFI (compared to ice) would indicate greater capability

- Maximum reported angle of 21 degrees is not a problem
- Looking at using Window ice and RTV data as an analog



2/21/03

8

RCC コーティング耐性の分析

「氷データベースでの衝突角度 15 度以上での RCC への予測ダメージ」

(推定衝突角度で RCC を貫通するかを氷で考えた)

「RC の厚さが .23 なので氷で衝突角度 15 度まで大丈夫」

「氷よりも柔らかい SOFI ならば最大推定衝突角度 21 度でも大丈夫」

RCC Predicted Damage at Incidence Angles Greater than 15 Degrees Based on Ice Database

Impactor		Damage
Angle	Velocity (fps)	Depth (in.)
5	720	0.11
10	720	0.18
15	720	0.23
20	720	0.28
25	720	0.33

Debris Size = 20" x 10" x 6"

Density = 2.4 lb/ft³

45° angle of wing was taken into account

Nominal panel thickness is 0.233 in.

RCC is clearly capable of withstanding impacts of at least 15 degrees; relative softness of SOFI (compared to ice) would indicate greater capability

- Maximum reported angle of 21 degrees is not a problem
- Looking at using Window ice and RTV data as an analog



2/21/03

8

RCC コーティング耐性の分析

「氷データベースでの衝突角度 15 度以上での RCC への予測ダメージ」

(推定衝突角度で RCC を貫通するかを氷で考えた)

「RC の厚さが .23 なので氷で衝突角度 15 度まで大丈夫」

「氷よりも柔らかい SOFI ならば最大推定衝突角度 21 度でも大丈夫」

各種想定下の熱による破壊の分析

Impacted Lower Surface Location Thermal Predictions

Case	Location	Assumptions	Results
1	Access Panel (one tile missing)	Loss to last layer of TMM Densified layer ~ .2 inches	Temperature of Al Tube Carrier 790 °F No issue
2	RCC Panel 9 Lower Flange OML (Coating Missing)	Coating loss and Carbon substrate exposed	Substrate thickness: 0.193 inches Loss .09 inches No issue
3	Main Landing Gear Door (one tile missing)	Loss to last 2 layers of TMM Densified layer ~ .4 inches	Temperature of Structure 540 °F No issue
4	Lower Wing Area (one tile missing)	Loss to last 2 layers of TMM Densified layer ~ .4 inches	Temperature below 350 °F design req. No issue
5	Lower Wing Area (32 x 7.2 x 2.8 inch) Damage	Loss to last layers of TMM Densified layer ~ .2 inches	
6	Main Landing Gear Door (several tiles Lost)	Loss to last layers of TMM Densified layer ~ .2 inches	



各種想定下の熱による破壊の分析

RCC コーティングはなくなったが炭素素材は無傷という仮定で計算

Impacted Lower Surface Location Thermal Predictions

Case	Location	Assumptions	Results
1	Access Panel (one tile missing)	Loss to last layer of TMM Densified layer ~ .2 inches	Temperature of Al Tube Carrier 790 °F No issue
2	RCC Panel 9 Lower Flange OML (Coating Missing)	Coating loss and Carbon substrate exposed	Substrate thickness: 0.193 inches Loss .09 inches No issue
3	Main Landing Gear Door (one tile missing)	Loss to last 2 layers of TMM Densified layer ~ .4 inches	Temperature of Structure 540 °F No issue
4	Lower Wing Area (one tile missing)	Loss to last 2 layers of TMM Densified layer ~ .4 inches	Temperature below 350 °F design req. No issue
5	Lower Wing Area (32 x 7.2 x 2.8 inch) Damage	Loss to last layers of TMM Densified layer ~ .2 inches	
6	Main Landing Gear Door (several tiles Lost)	Loss to last layers of TMM Densified layer ~ .2 inches	



各種想定下の熱による破壊の分析

RCC コーティングはなくなったが炭素素材は無傷という仮定で計算

炭素素材の厚さ以下の穴しか空かないでの大丈夫と結論

Impacted Lower Surface Location Thermal Predictions

Case	Location	Assumptions	Results
1	Access Panel (one tile missing)	Loss to last layer of TMM Densified layer ~ .2 inches	Temperature of Al Tube Carrier 790 °F No issue
2	RCC Panel 9 Lower Flange OML (Coating Missing)	Coating loss and Carbon substrate exposed	Substrate thickness: 0.193 inches Loss .09 inches No issue
3	Main Landing Gear Door (one tile missing)	Loss to last 2 layers of TMM Densified layer ~ .4 inches	Temperature of Structure 540 °F No issue
4	Lower Wing Area (one tile missing)	Loss to last 2 layers of TMM Densified layer ~ .4 inches	Temperature below 350 °F design req. No issue
5	Lower Wing Area (32 x 7.2 x 2.8 inch) Damage	Loss to last layers of TMM Densified layer ~ .2 inches	
6	Main Landing Gear Door (several tiles Lost)	Loss to last layers of TMM Densified layer ~ .2 inches	



p.7(タイル耐性?): 過去フライトとタイル実験データ。タイルの危険示唆あり。

p.7(タイル耐性?): 過去フライトとタイル実験データ。タイルの危険示唆あり。

- 「重量(体積*密度)*角度*速度が大きいと (“small variations in energy input”) 損傷を甚大にする」

p.7(タイル耐性?): 過去フライトとタイル実験データ。タイルの危険示唆あり。

- 「重量(体積*密度)*角度*速度が大きいと ("small variations in energy input") 損傷を甚大にする」
- 「STS-107(コロンビア)の衝突角度は STS-50(他のフライト)よりも深い」

p.8(RCC コーティング耐性?): 水を使った実験データ。RCC コーティングの厚さは .233 インチなので、「角度 15 度(穴の深さ .23 インチ)までの損傷なら堪えられる」。「断熱材は柔らかいので最大 21 度でも問題ない」。

p.7(タイル耐性?): 過去フライトとタイル実験データ。タイルの危険示唆あり。

- 「重量(体積*密度)*角度*速度が大きいと (“small variations in energy input”) 損傷を甚大にする」
- 「STS-107(コロンビア)の衝突角度は STS-50(他のフライト)よりも深い」

p.8(RCC コーティング耐性?): 水を使った実験データ。RCC コーティングの厚さは .233 インチなので、「角度 15 度(穴の深さ .23 インチ)までの損傷なら堪えられる」。「断熱材は柔らかいので最大 21 度でも問題ない」。

☞ 実際の SOFI 体積 = 1920 in³ … 「スーツケース・サイズ」

p.7(タイル耐性?): 過去フライトとタイル実験データ。タイルの危険示唆あり。

- 「重量(体積*密度)*角度*速度が大きいと (“small variations in energy input”) 損傷を甚大にする」
- 「STS-107(コロンビア)の衝突角度は STS-50(他のフライト)よりも深い」

p.8(RCC コーティング耐性?): 氷を使った実験データ。RCC コーティングの厚さは .233 インチなので、「角度 15 度(穴の深さ .23 インチ)までの損傷なら堪えられる」。「断熱材は柔らかいので最大 21 度でも問題ない」。

☞ 実際の SOFI 体積 = 1920 in³ … 「スーツケース・サイズ」

☞ 想定体積 = 20 * 10 * 6 = 1200 in³ = 実際の 0.62 倍

p.7(タイル耐性?): 過去フライトとタイル実験データ。タイルの危険示唆あり。

- 「重量(体積*密度)*角度*速度が大きいと ("small variations in energy input") 損傷を甚大にする」
- 「STS-107(コロンビア)の衝突角度は STS-50(他のフライト)よりも深い」

p.8(RCC コーティング耐性?): 水を使った実験データ。RCC コーティングの厚さは .233 インチなので、「角度 15 度(穴の深さ .23 インチ)までの損傷なら堪えられる」。「断熱材は柔らかいので最大 21 度でも問題ない」。

☞ 実際の SOFI 体積 = 1920 in^3 … 「スーツケース・サイズ」

☞ 想定体積 = $20 * 10 * 6 = 1200 \text{ in}^3$ = 実際の 0.62 倍

p.10(RCC コーティング剥離): 热による破壊の分析。損傷は RCC コーティングのみ、炭素素材に穴はないと仮定して、

$$\text{炭素素材厚さ} = .193 > .09 = \text{再突入時にできる穴の深さ}$$

なので熱に耐えうると結論

p.7(タイル耐性?): 過去フライトとタイル実験データ。タイルの危険示唆あり。

- 「重量(体積*密度)*角度*速度が大きいと ("small variations in energy input") 損傷を甚大にする」
- 「STS-107(コロンビア)の衝突角度は STS-50(他のフライト)よりも深い」

p.8(RCC コーティング耐性?): 水を使った実験データ。RCC コーティングの厚さは .233 インチなので、「角度 15 度(穴の深さ .23 インチ)までの損傷なら堪えられる」。「断熱材は柔らかいので最大 21 度でも問題ない」。

☞ 実際の SOFI 体積 = 1920 in^3 … 「スーツケース・サイズ」

☞ 想定体積 = $20 * 10 * 6 = 1200 \text{ in}^3$ = 実際の 0.62 倍

p.10(RCC コーティング剥離): 热による破壊の分析。損傷は RCC コーティングのみ、炭素素材に穴はないと仮定して、

炭素素材厚さ = $.193 > .09$ = 再突入時にできる穴の深さ
なので熱に耐えうると結論

実際よりも 40% も小さい体積を想定し、衝突角度もより高いと認識していたが、Sacred Heart, IDE
軽微な想定で計算し、「ダメージは RCC コーティングのみ」 ⇒ 「熱に耐えられる」

もしかすると... 「判断が難しい」 がメッセージだったかもしれない

もしかすると...「判断が難しい」がメッセージだったかもしれない

危険と判断されても、救援作戦は時間がかかり、他に方策がなかったかも？

もしかすると...「判断が難しい」がメッセージだったかもしれない

危険と判断されても、救援作戦は時間がかかり、他に方策がなかったかも？

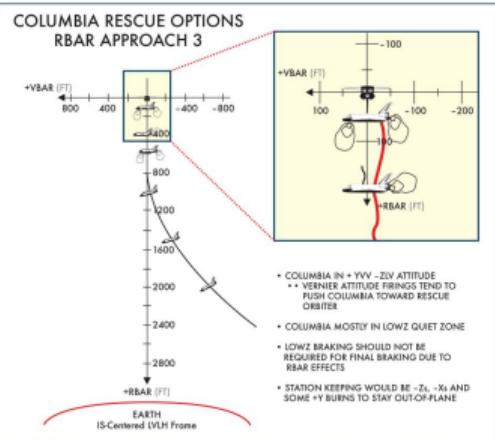


Figure 8. Rendezvous approach.

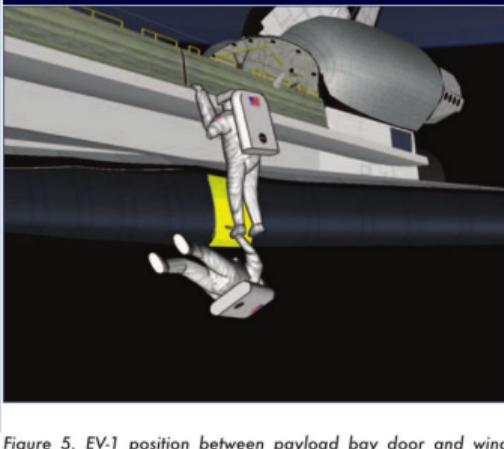


Figure 5. EV-1 position between payload bay door and wing leading edge.

もしかすると...「判断が難しい」がメッセージだったかもしれない

危険と判断されても、救援作戦は時間がかかり、他に方策がなかったかも？

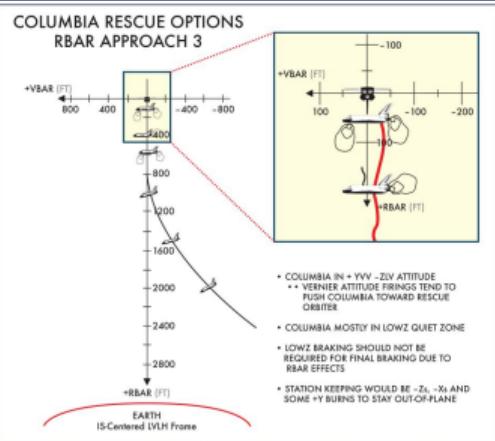


Figure 8. Rendezvous approach.

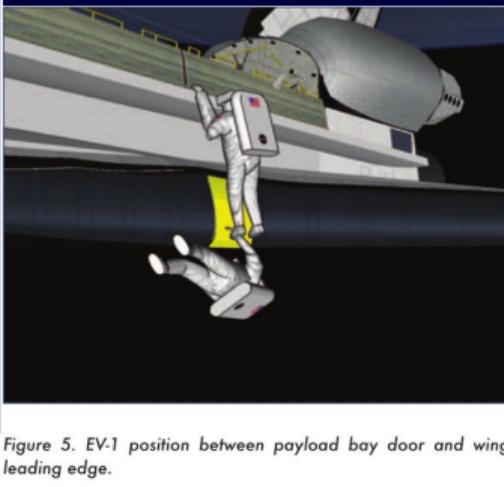


Figure 5. EV-1 position between payload bay door and wing leading edge.

Atlantisによる救援...は同じリスクを冒すことになるので難しかったが、期限内に離陸は可能だった。修理は材料と可動範囲で難点があった。

他の宇宙船(ソユーズ、アリアン)やステーションも位値やソフトウェア開発で無理(The Columbia Accident Investigation Board, 2003b, Appendix D13)。

もしかすると...「判断が難しい」がメッセージだったかもしれない

危険と判断されても、救援作戦は時間がかかり、他に方策がなかったかも？

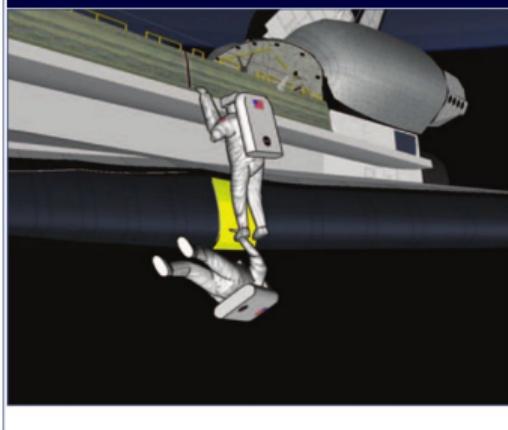
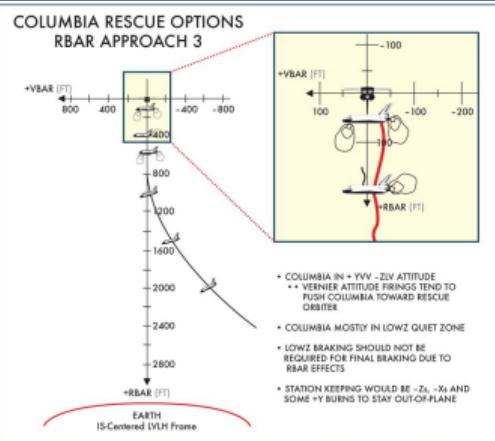


Figure 5. EV-1 position between payload bay door and wing leading edge.

Atlantisによる救援...は同じリスクを冒すことになるので難しかったが、期限内に離陸は可能だった。修理は材料と可動範囲で難点があった。

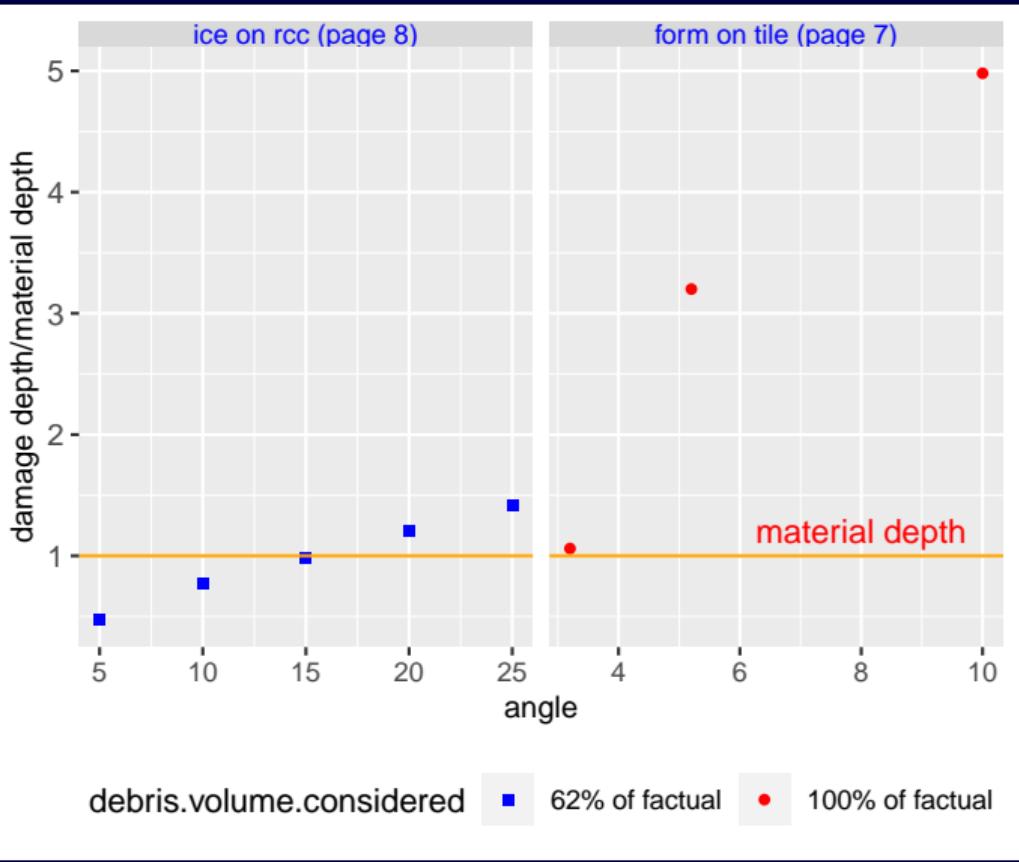
他の宇宙船(ソユーズ、アリアン)やステーションも位値やソフトウェア開発で無理(The Columbia Accident Investigation Board, 2003b, Appendix D13)。

でも、乗員は可能な限りの修理をしたかっただろうし、Atlantisの乗員はどう思つた
だよみ、
Ito (IDE, Sacred Heart)

コロンビア事故: 事故前にすべき だったこと

コロンビア事故: 事故前にすべき
だったこと

衝突場所を究明するためのあらゆる
努力

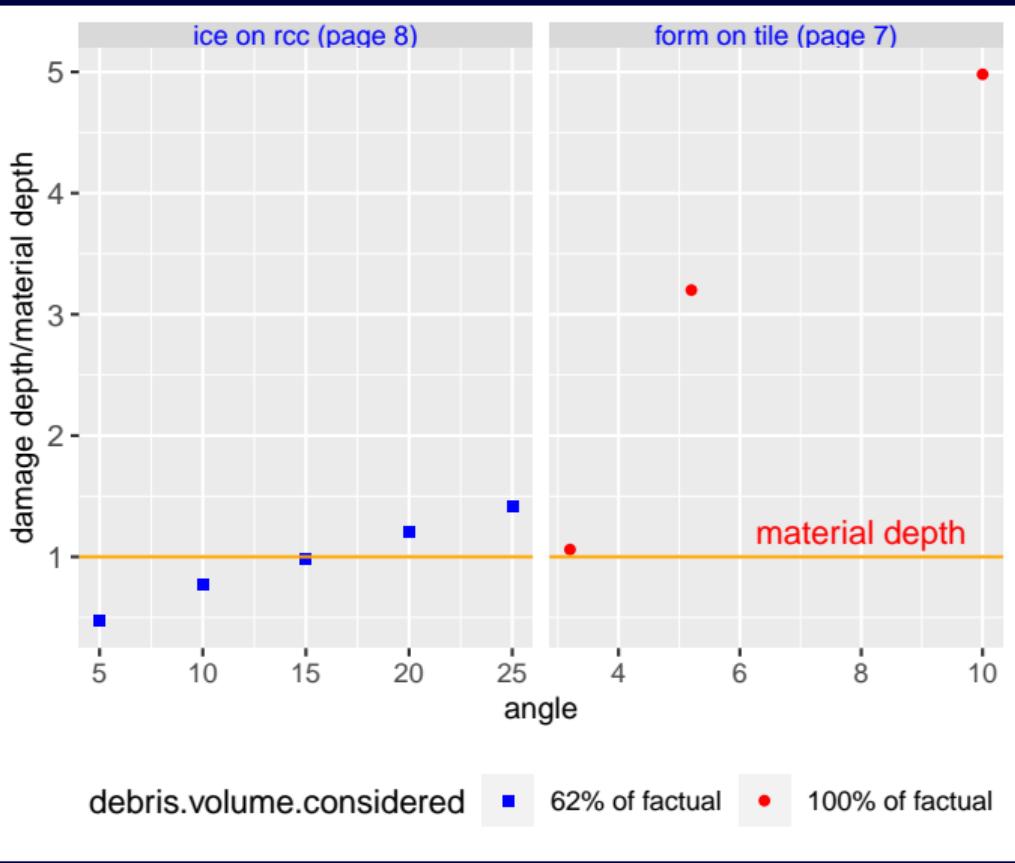


コロンビア事故: 事故前にすべきだったこと

衝突場所を究明するためのあらゆる努力

用意すべきだった図: 素材別パネル、実際の体積をもとにした角度 vs. 損傷 (+損傷上限)

これを見ればさすがに危険と気づくのでは?



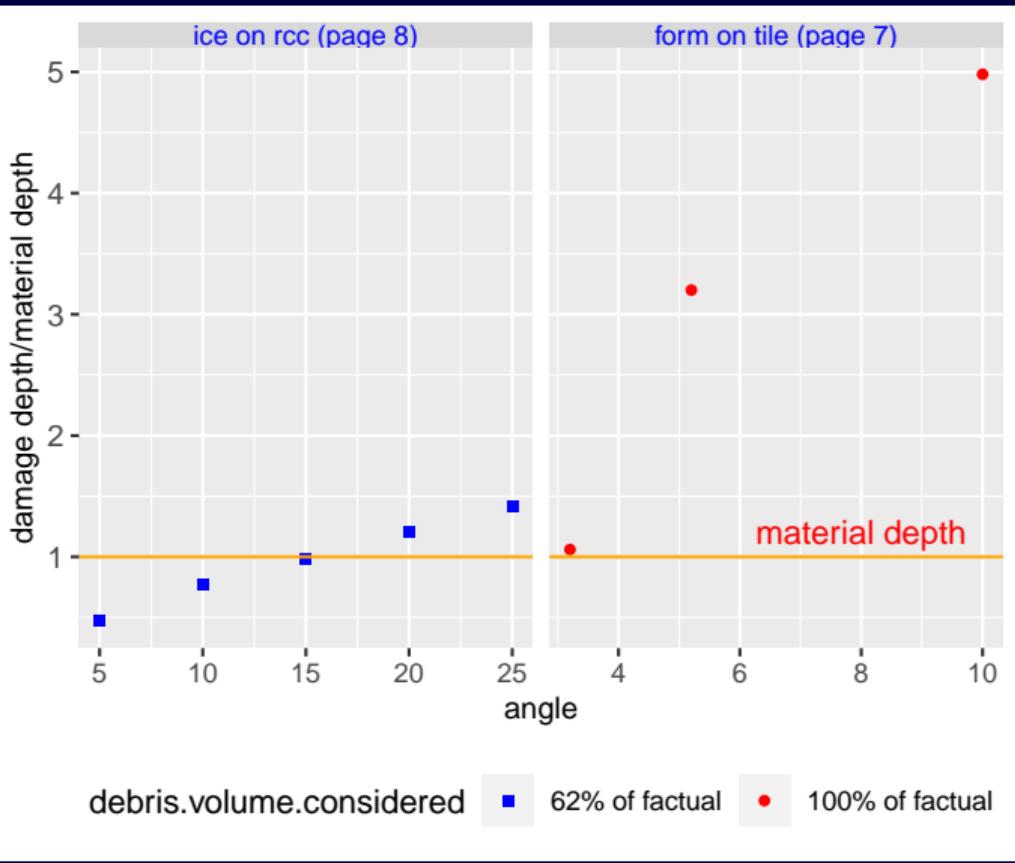
コロンビア事故: 事故前にすべきだったこと

衝突場所を究明するためのあらゆる努力

用意すべきだった図: 素材別パネル、実際の体積をもとにした角度 vs. 損傷 (+損傷上限)

これを見ればさすがに危険と気づくのでは?

過去の SOFI 剥離事例を軽視せず、安全性への影響を慎重に検討すべきだった



コロンビア事故: 事故前にすべきだったこと

衝突場所を究明するためのあらゆる努力

用意すべきだった図: 素材別パネル、実際の体積をもとにした角度 vs. 損傷 (+損傷上限)

これを見ればさすがに危険と気づくのでは?

過去の SOFI 剥離事例を軽視せず、安全性への影響を慎重に検討すべきだった

▶ 意思決定過程

チャレンジャー事故: 事故前になすべきだったこと

仮説は何かを考える

チャレンジャー事故: 事故前になすべきだったこと

仮説は何かを考える

低気温 ⇒

チャレンジャー事故: 事故前になすべきだったこと

仮説は何かを考える

低気温 ⇒ ゴムの密閉性を喪失

チャレンジャー事故: 事故前になすべきだったこと

仮説は何かを考える

低気温 ⇒ ゴムの密閉性を喪失

⇒

チャレンジャー事故: 事故前になすべきだったこと

仮説は何かを考える

低気温 ⇒ ゴムの密閉性を喪失

⇒ 高温ガスがブースター接続

部分から漏洩して引火、

タンク破損、シャトル分解

チャレンジャー事故: 事故前になすべきだったこと

仮説は何かを考える

低気温 ⇒ ゴムの密閉性を喪失

⇒ 高温ガスがブースター接続
部分から漏洩して引火、
タンク破損、シャトル分解

仮説の前半 [低気温 ⇒
ゴムの密閉性を喪失] を示
すだけで十分

チャレンジャー事故: 事故前になすべきだったこと

仮説は何かを考える

低気温 ⇒ ゴムの密閉性を喪失

⇒ 高温ガスがブースター接続
部分から漏洩して引火、
タンク破損、シャトル分解

仮説の前半 [低気温 ⇒
ゴムの密閉性を喪失] を示
すだけで十分

仮説の検証を目的にデータを視覚化する

チャレンジャー事故: 事故前になすべきだったこと

仮説は何かを考える

低気温 ⇒ ゴムの密閉性を喪失

⇒ 高温ガスがブースター接続
部分から漏洩して引火、
タンク破損、シャトル分解

仮説の前半 [低気温 ⇒
ゴムの密閉性を喪失] を示
すだけで十分

仮説の検証を目的にデータを視覚化する

見ている人に暗算や思考実験を強いない直截な比較

チャレンジャー事故: 事故前になすべきだったこと

仮説は何かを考える

低気温 ⇒ ゴムの密閉性を喪失

⇒ 高温ガスがブースター接続
部分から漏洩して引火、
タンク破損、シャトル分解

仮説の前半 [低気温 ⇒
ゴムの密閉性を喪失] を示
すだけで十分

仮説の検証を目的にデータを視覚化する

見ている人に暗算や思考実験を強いない直截な比較

実験で示すことが理想だが、「時間がない」ならば過去のデータを示す

チャレンジャー事故: 事故前になすべきだったこと

仮説は何かを考える

低気温 ⇒ ゴムの密閉性を喪失

⇒ 高温ガスがブースター接続
部分から漏洩して引火、
タンク破損、シャトル分解

仮説の前半 [低気温 ⇒
ゴムの密閉性を喪失] を示
すだけで十分

仮説の検証を目的にデータを視覚化する

見ている人に暗算や思考実験を強いない直截な比較

実験で示すことが理想だが、「時間がない」ならば過去のデータを示す

Tufte の散布図

チャレンジャー事故: 事故前につくべきだったこと

仮説は何かを考える

低気温 ⇒ ゴムの密閉性を喪失

⇒ 高温ガスがブースター接続
部分から漏洩して引火、
タンク破損、シャトル分解

仮説の前半 [低気温 ⇒
ゴムの密閉性を喪失] を示
すだけで十分

仮説の検証を目的にデータを視覚化する

見ている人に暗算や思考実験を強いない直截な比較

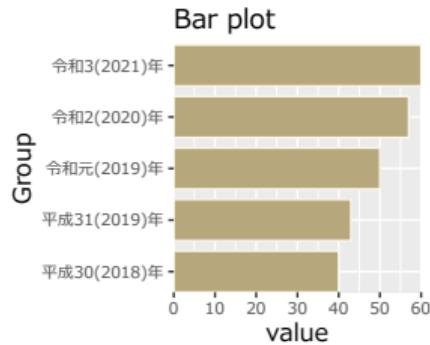
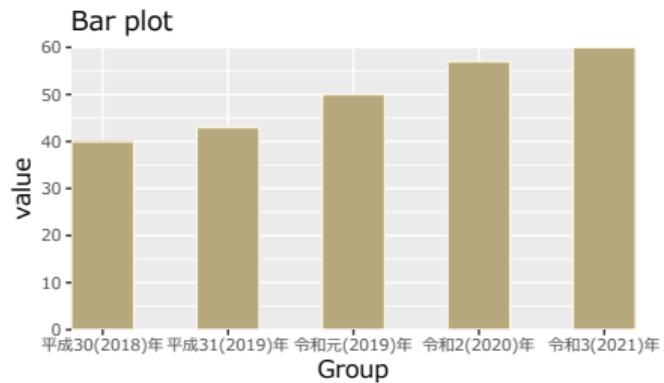
実験で示すことが理想だが、「時間がない」ならば過去のデータを示す

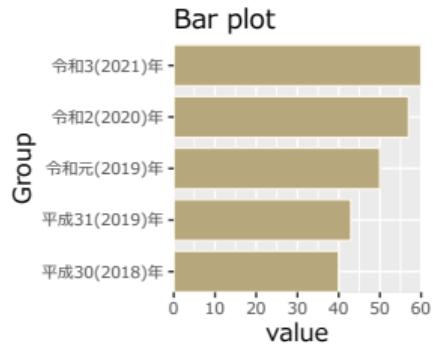
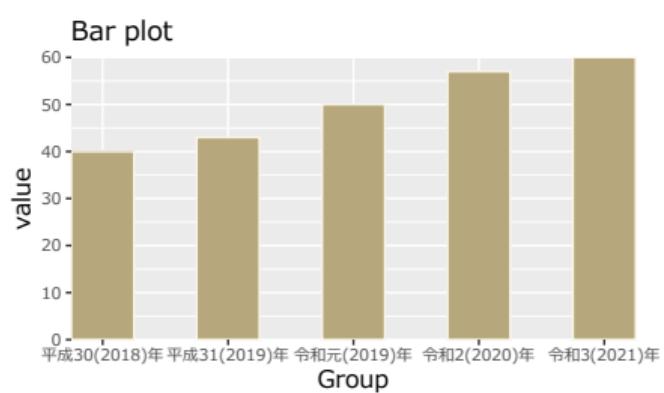
Tufte の散布図

もちろん、因果関係ではないが、相関関係でも危険が示されれば延期するのに十分
な判断材料

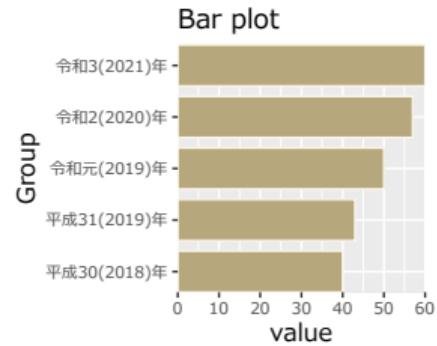
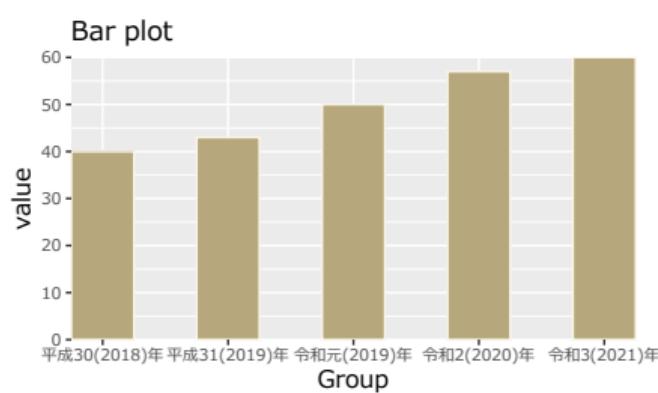
Sacred Heart, IDE

比較内容 ⇒ 視覚化の方法



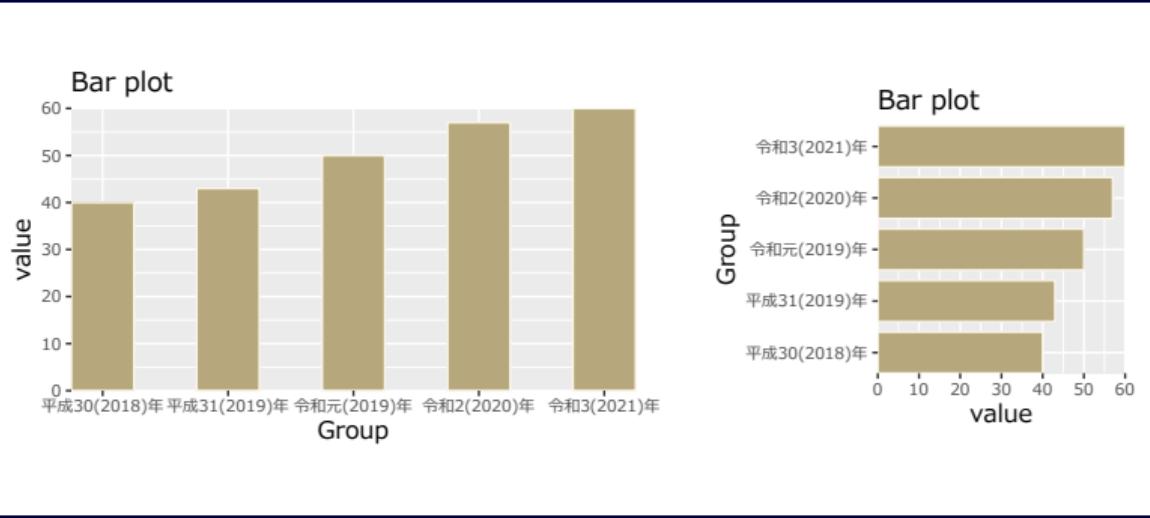


棒グラフ：絶対量を長さで示す



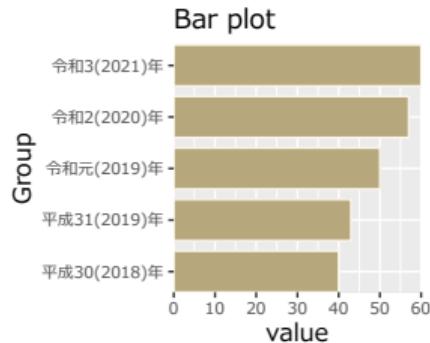
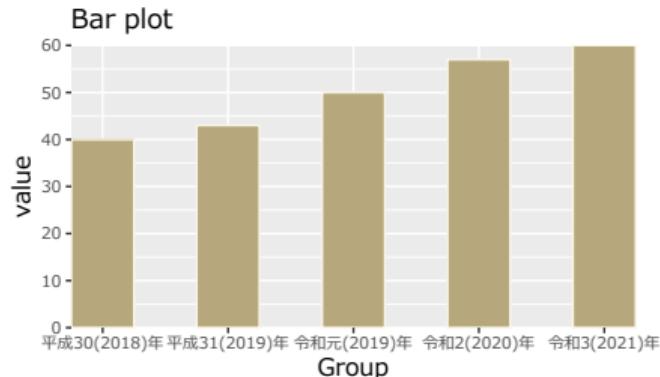
棒グラフ：絶対量を長さで示す

だから、0から表示する。



棒グラフ：絶対量を長さで示す

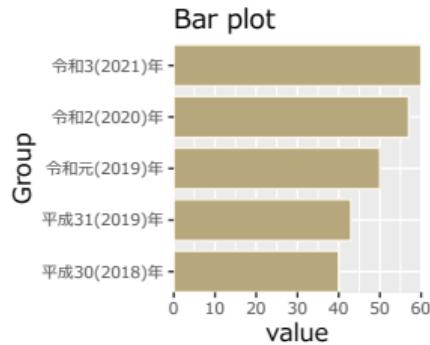
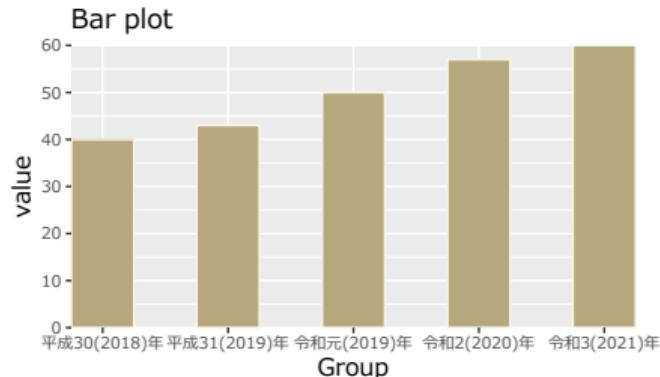
だから、0から表示する。≈で軸を削ってはいけない。長さを削っては駄目だから。



縦棒はグループのラベルが長いと隙間を要するのでスペースを使うし、離れているために比較が難しい。左図:右図を 1.5:1 にしないと左図のラベルが重なり読みなくなる。

棒グラフ: 絶対量を長さで示す

だから、0から表示する。≈で軸を削ってはいけない。長さを削っては駄目だから。

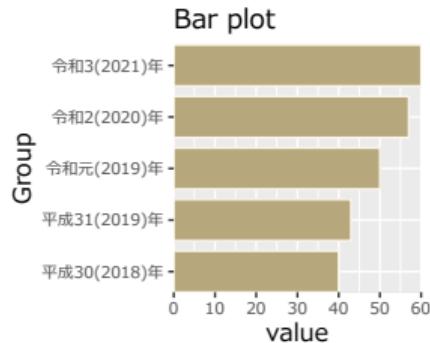
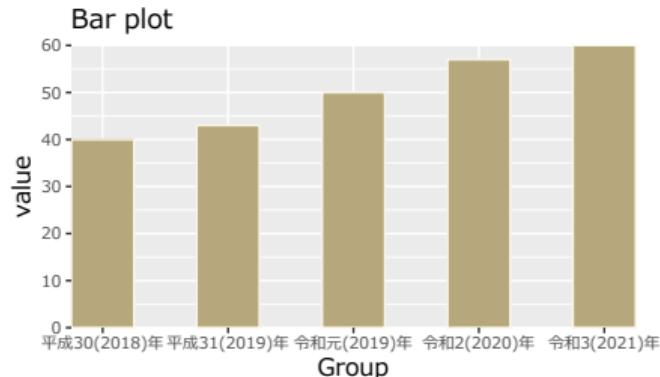


縦棒はグループのラベルが長いと隙間を要するのでスペースを使うし、離れているために比較が難しい。左図:右図を 1.5:1 にしないと左図のラベルが重なり読みなくなる。

横棒にすると解決する。

棒グラフ: 絶対量を長さで示す

だから、0から表示する。≈で軸を削ってはいけない。長さを削っては駄目だから。



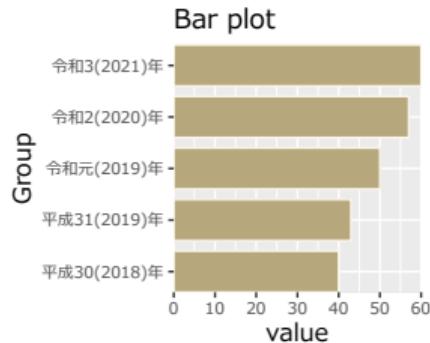
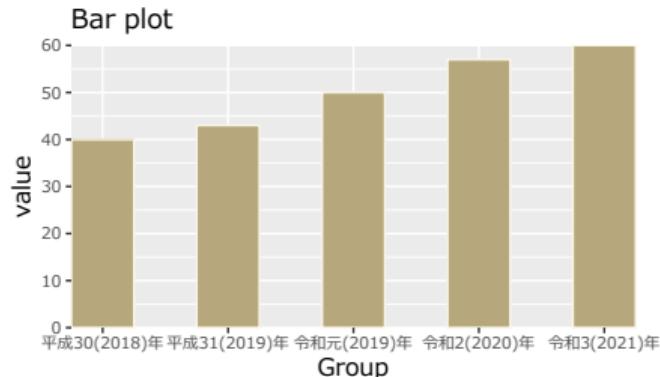
縦棒はグループのラベルが長いと隙間を要するのでスペースを使うし、離れているために比較が難しい。左図:右図を 1.5:1 にしないと左図のラベルが重なり読みなくなる。

横棒にすると解決する。

でも、時間変化は縦棒の方が把握しやすい。

棒グラフ: 絶対量を長さで示す

だから、0から表示する。≈で軸を削ってはいけない。長さを削っては駄目だから。



縦棒はグループのラベルが長いと隙間を要するのでスペースを使うし、離れているために比較が難しい。左図:右図を 1.5:1 にしないと左図のラベルが重なり読みなくなる。

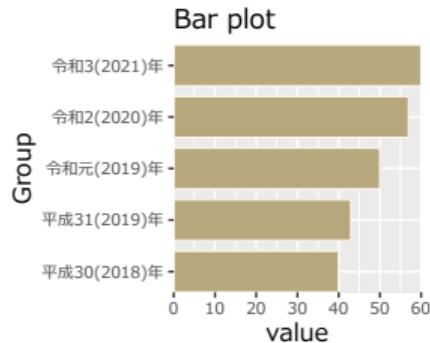
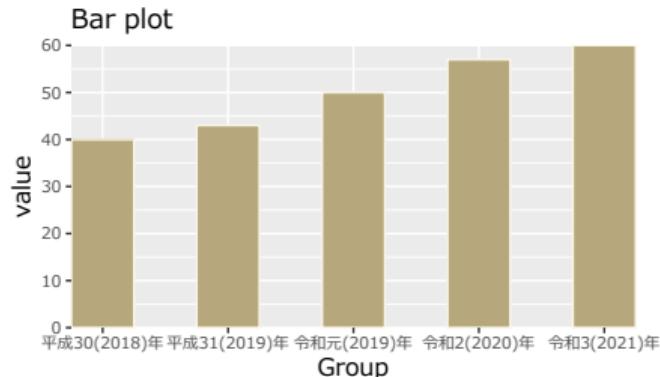
横棒にすると解決する。

でも、時間変化は縦棒の方が把握しやすい。

ラベルを小さくする、縦書きにする、略記する方が良いかも。

棒グラフ: 絶対量を長さで示す

だから、0から表示する。≈で軸を削ってはいけない。長さを削っては駄目だから。



縦棒はグループのラベルが長いと隙間を要するのでスペースを使うし、離れているために比較が難しい。左図:右図を 1.5:1 にしないと左図のラベルが重なり読みなくなる。

横棒にすると解決する。

でも、時間変化は縦棒の方が把握しやすい。

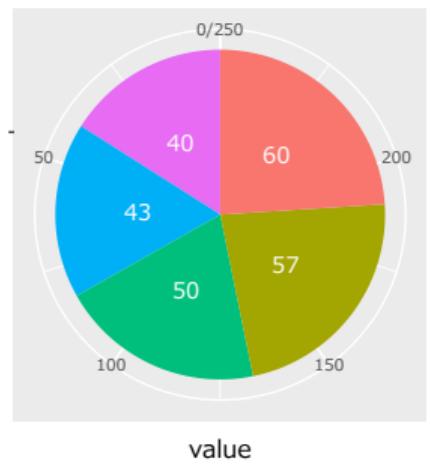
ラベルを小さくする、縦書きにする、略記する方が良いかも。

棒グラフ: 絶対量を長さで示す

だから、0から表示する。≈で軸を削ってはいけない。長さを削っては駄目だから。

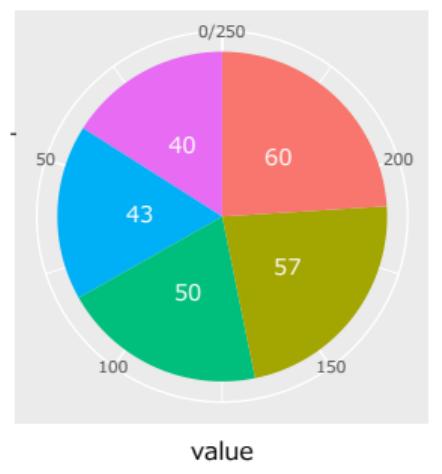
差が少ないので、(横)棒だと塗りつぶしの棒中心に視線が行く。ドット図の方が右端に視線が行きやすい。

Pie chart



▶ word cloud

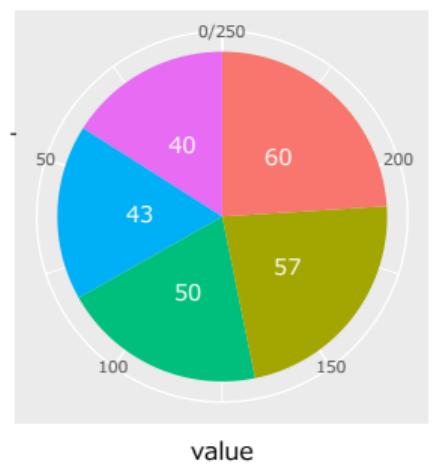
Pie chart



円グラフ pie chart: 絶対量を角度で表す。

▶ word cloud

Pie chart

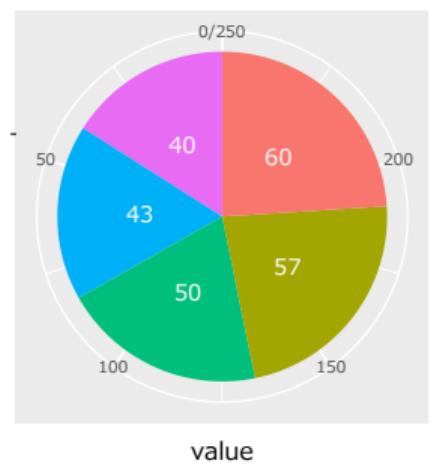


円グラフ pie chart: 絶対量を角度で表す。

人間の目は角度を比べるのは不得意。比較には不適。

▶ word cloud

Pie chart



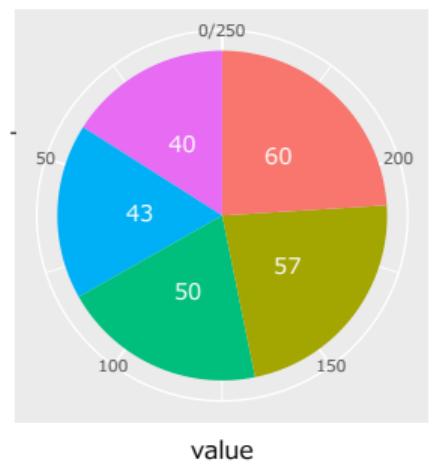
円グラフ pie chart: 絶対量を角度で表す。

人間の目は角度を比べるのは不得意。比較には不適。

3次元円グラフ: さらに不適。斜め上から見ると角度も分からぬ。

▶ word cloud

Pie chart



円グラフ pie chart: 絶対量を角度で表す。

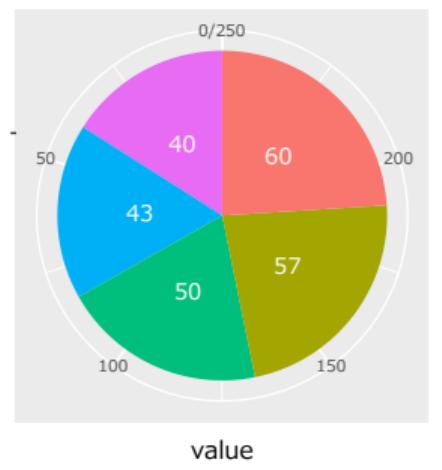
人間の目は角度を比べるのは不得意。比較には不適。

3次元円グラフ: さらに不適。斜め上から見ると角度も分からぬ。

円グラフを使ってはいけない。

▶ word cloud

Pie chart



円グラフを使ってはいけない。

円グラフ pie chart: 絶対量を角度で表す。

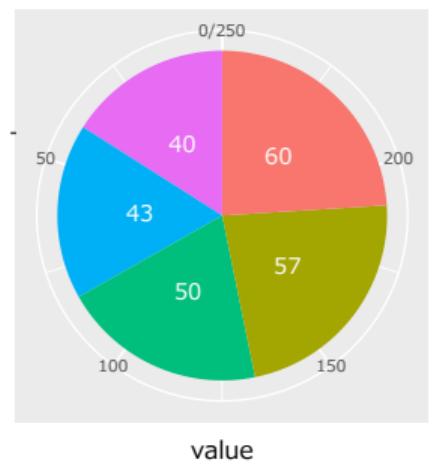
人間の目は角度を比べるのは不得意。比較には不適。

3次元円グラフ: さらに不適。斜め上から見ると角度も分からぬ。

絶対量比較だったら棒グラフ、差比較だったら点グラフ、変化比較だったら折れ線グラフを使えばいい。

▶ word cloud

Pie chart



円グラフを使ってはいけない。

円グラフ pie chart: 絶対量を角度で表す。

人間の目は角度を比べるのは不得意。比較には不適。

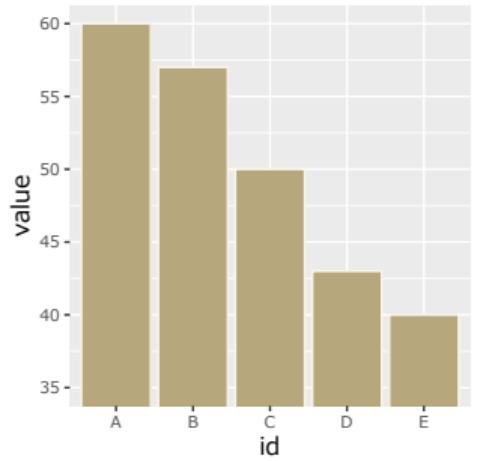
3次元円グラフ: さらに不適。斜め上から見ると角度も分からぬ。

絶対量比較だったら棒グラフ、差比較だったら点グラフ、変化比較だったら折れ線グラフを使えばいい。

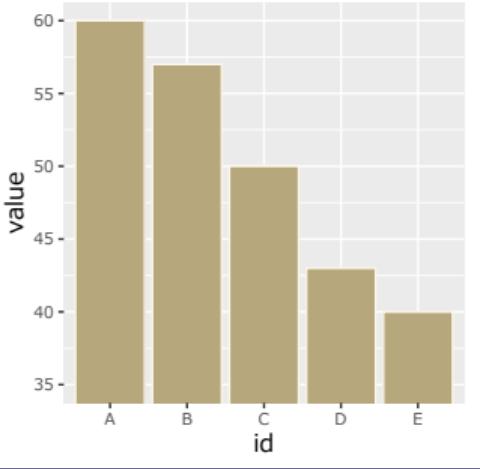
専門家の判定

▶ word cloud

(Wrong) Truncated bar plot

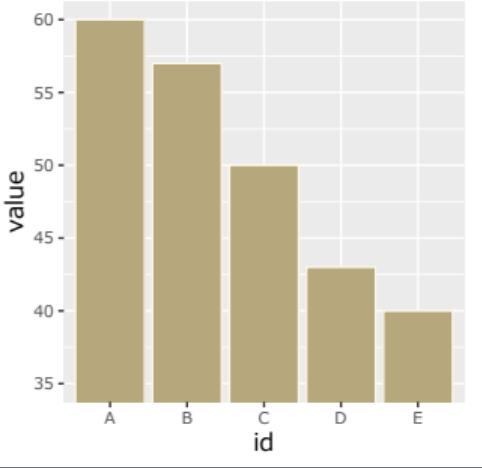


(Wrong) Truncated bar plot



グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。

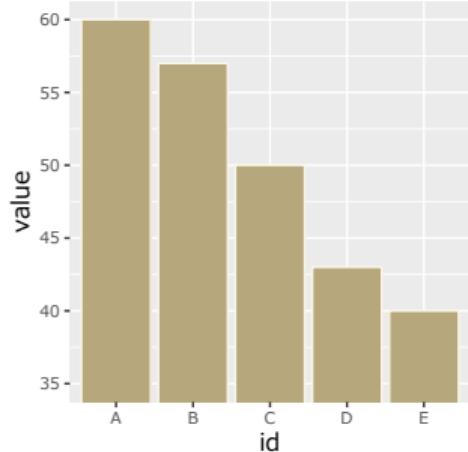
(Wrong) Truncated bar plot



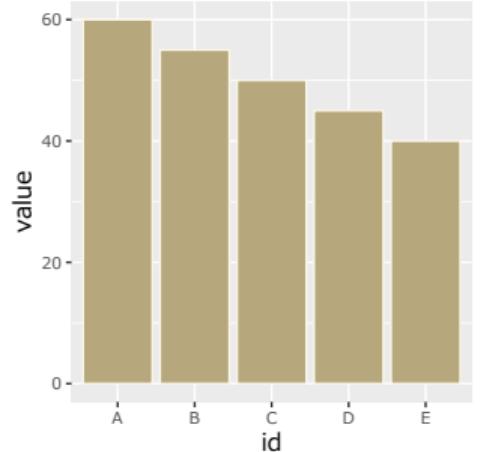
グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。

差が強調される。

(Wrong) Truncated bar plot



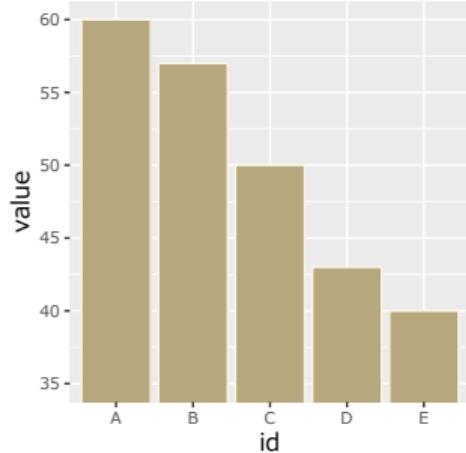
(Correct) Bar plot



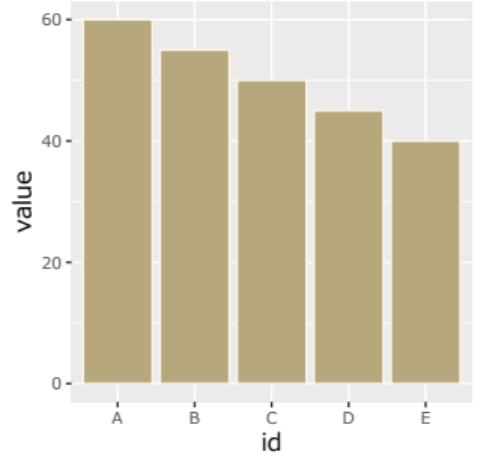
グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。

差が強調される。

(Wrong) Truncated bar plot



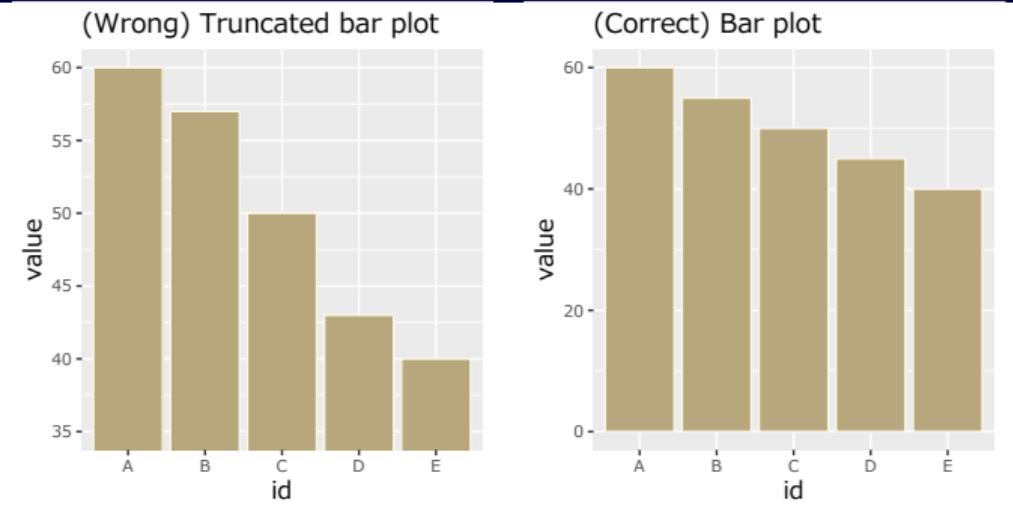
(Correct) Bar plot



差を不当に強調してデータから得られるメッセージを変えようとしている。

グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。

差が強調される。



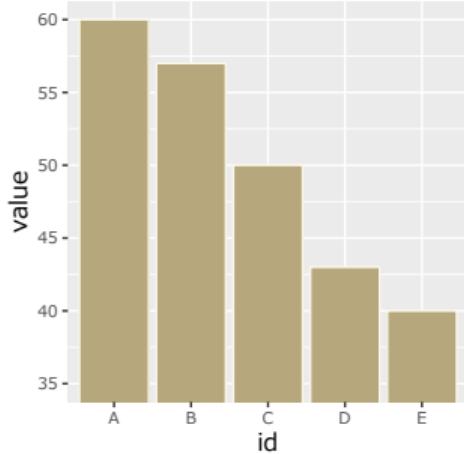
差を不当に強調してデータから得られるメッセージを変えようとしている。

下部分をカットしたいなら折れ線グラフや点グラフを使えばいい。

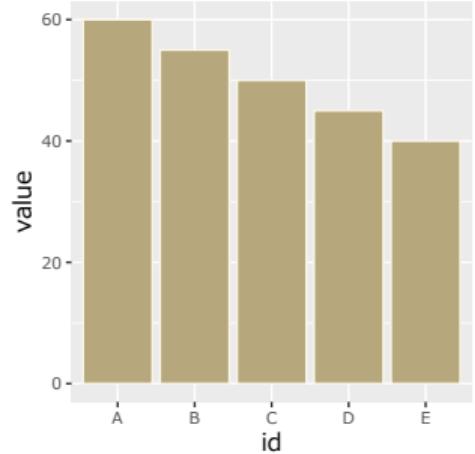
グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。

差が強調される。

(Wrong) Truncated bar plot



(Correct) Bar plot



差を不当に強調してデータから得られるメッセージを変えようとしている。

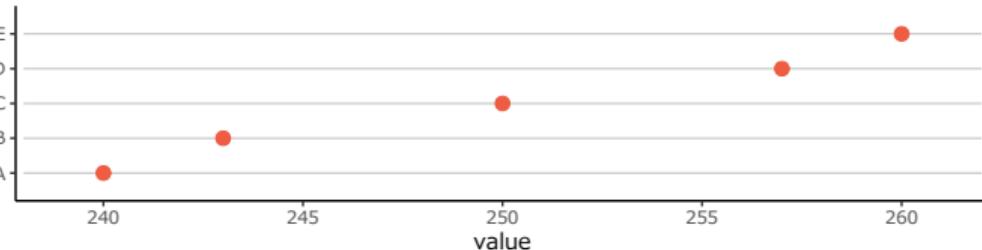
下部分をカットしたいなら折れ線グラフや点グラフを使えばいい。

差を不当に強調したい理由、データから何を見せたいかを考えてみるべき。

グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。

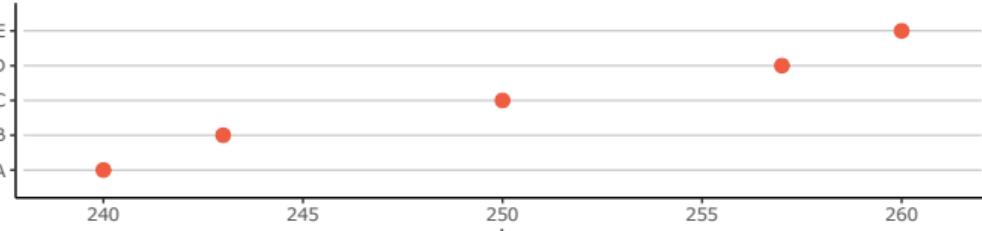
差が強調される。

Dot plot



注: 水準ではなく差を表現している。

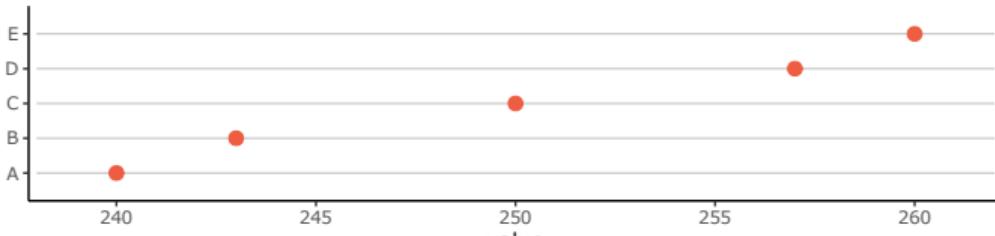
Dot plot



注: 水準ではなく差を表現している。

ドット図: グループ間の差を比較。

Dot plot

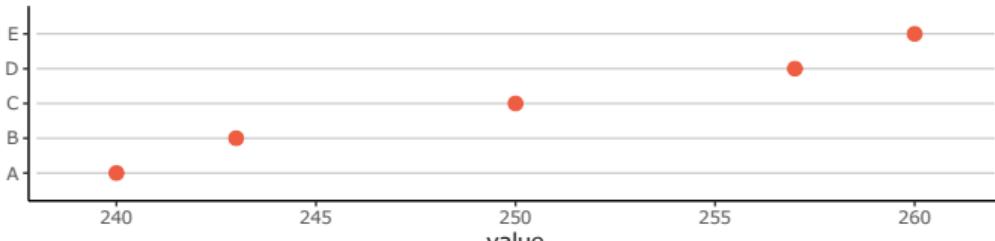


注: 水準ではなく差を表現している。

ドット図: グループ間の差を比較。

グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。

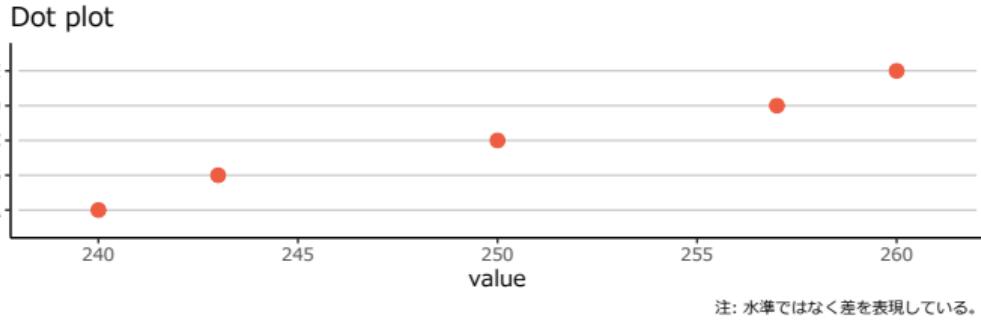
Dot plot



注: 水準ではなく差を表現している。

ドット図: グループ間の差を比較。

グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。

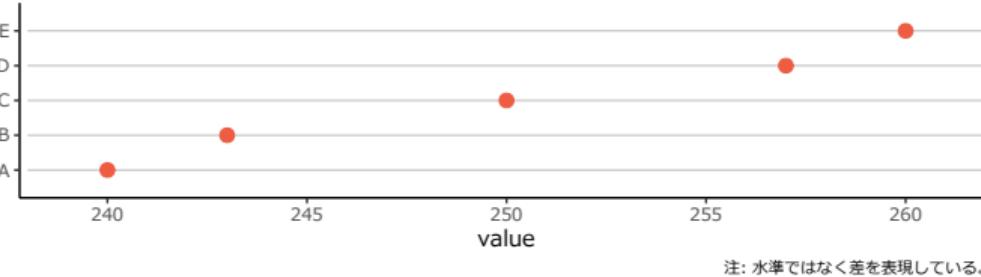


差を不当に強調していない。点グラフは各点の位置と相対距離を伝える。

ドット図: グループ間の差を比較。

グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。

Dot plot

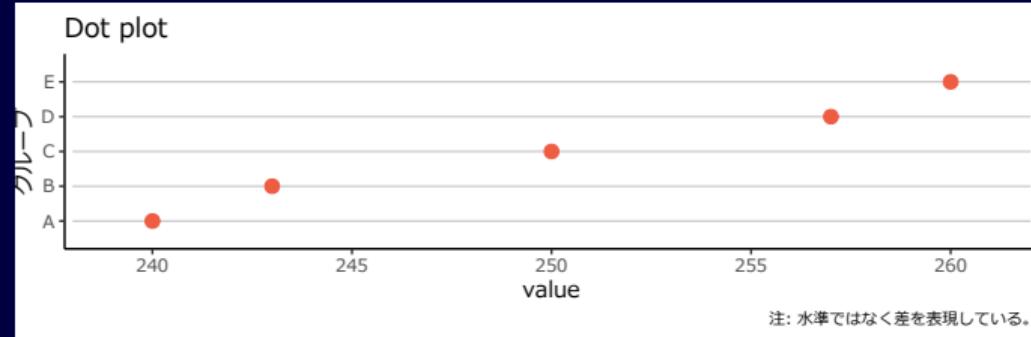


差を不当に強調していない。点グラフは各点の位置と相対距離を伝える。

各点を直線で結ばない。グループAはグループBに変化しないので、各点をつながない方が良い。

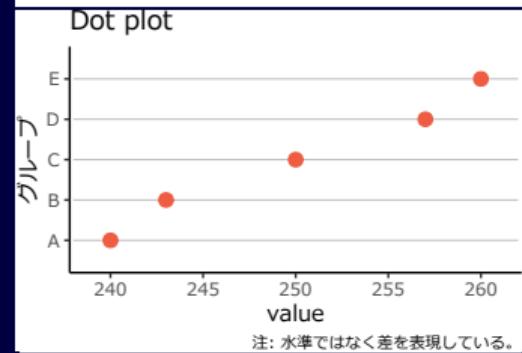
ドット図: グループ間の差を比較。

グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。



差を不当に強調していない。点グラフは各点の位置と相対距離を伝える。

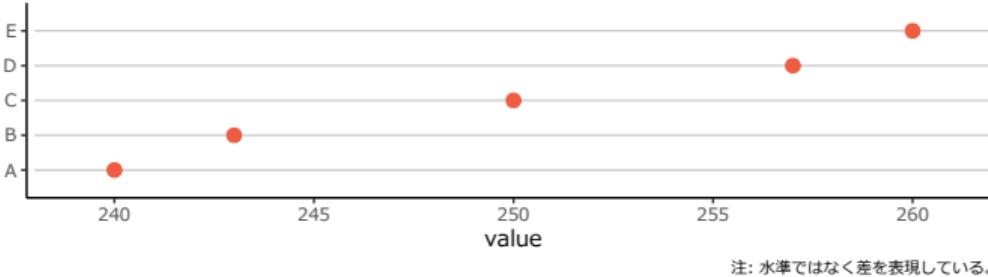
各点を直線で結ばない。グループAはグループBに変化しないので、各点をつながない方が良い。



ドット図: グループ間の差を比較。

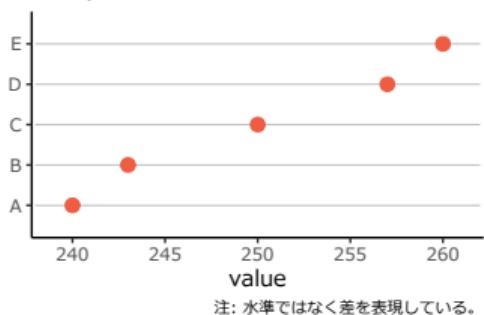
グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。

Dot plot



差を不当に強調していない。点グラフは各点の位置と相対距離を伝える。

Dot plot



各点を直線で結ばない。グループAはグループBに変化しないので、各点をつながない方が良い。

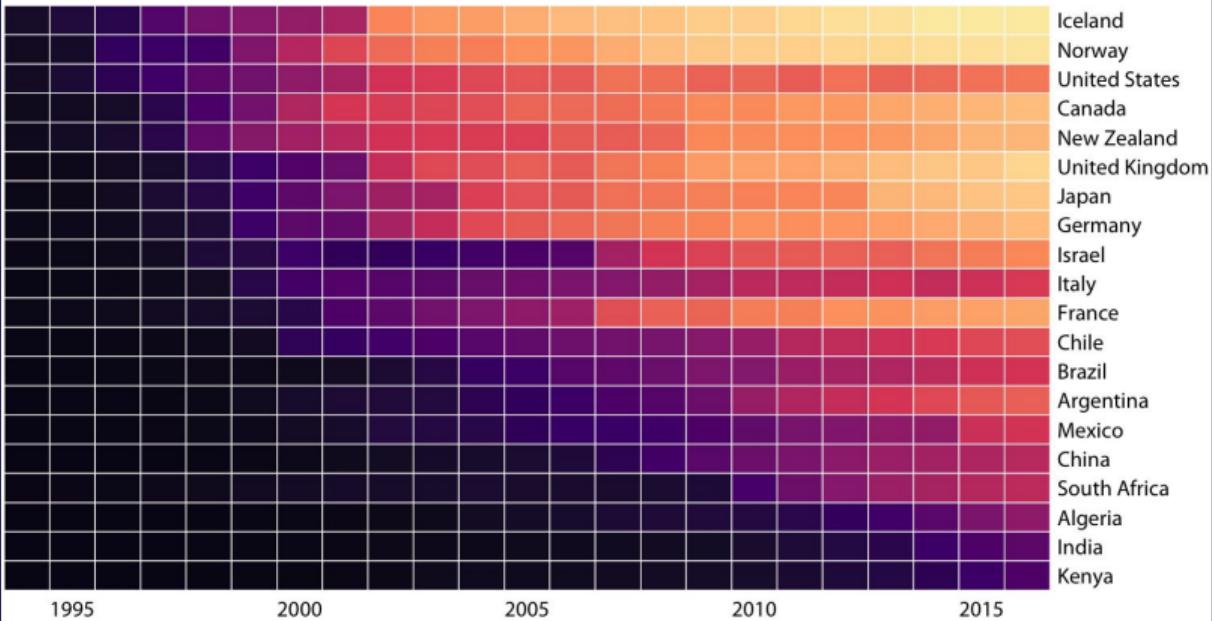
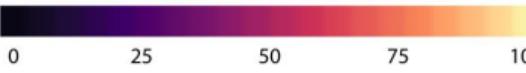
グループ数に比して差が小さい方が傾向を把握しやすい。数(横軸)の方向に間隔が空きすぎないように図の縮尺を調整する。

ドット図: グループ間の差を比較。

グラフの下部分をカットして上部分を引き延ばす。

ヒートマップ：グループ間の差を色彩で比較。

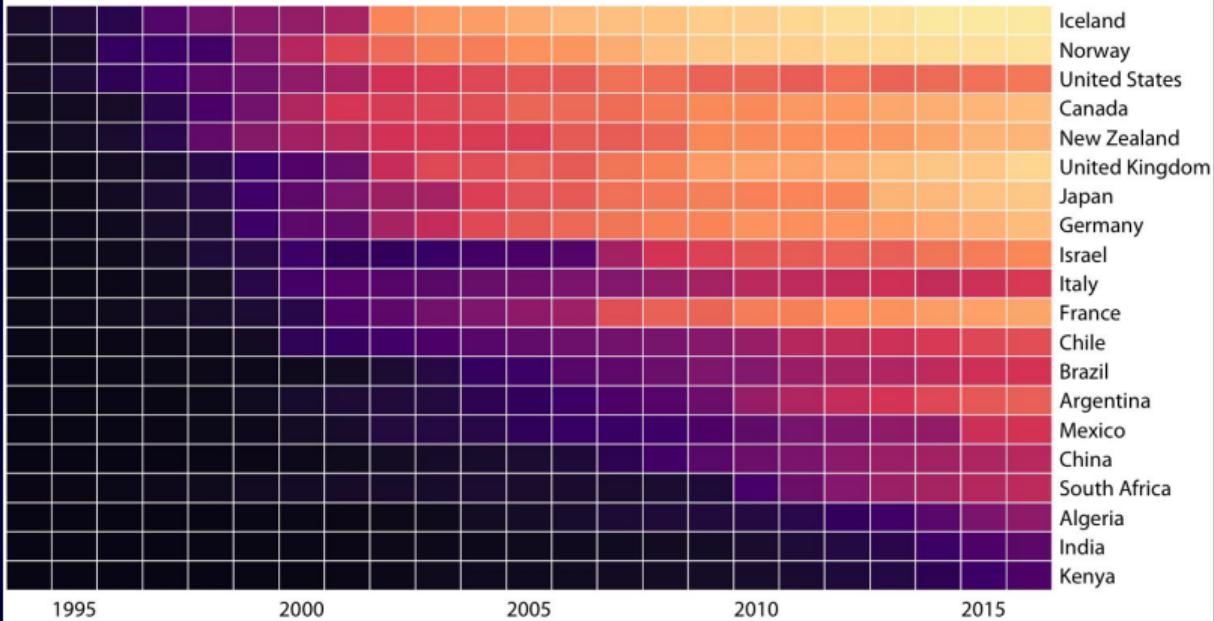
internet users / 100 people



出所: Wilke (2019, Figure 6.15)

ヒートマップ：グループ間の差を色彩で比較。

internet users / 100 people

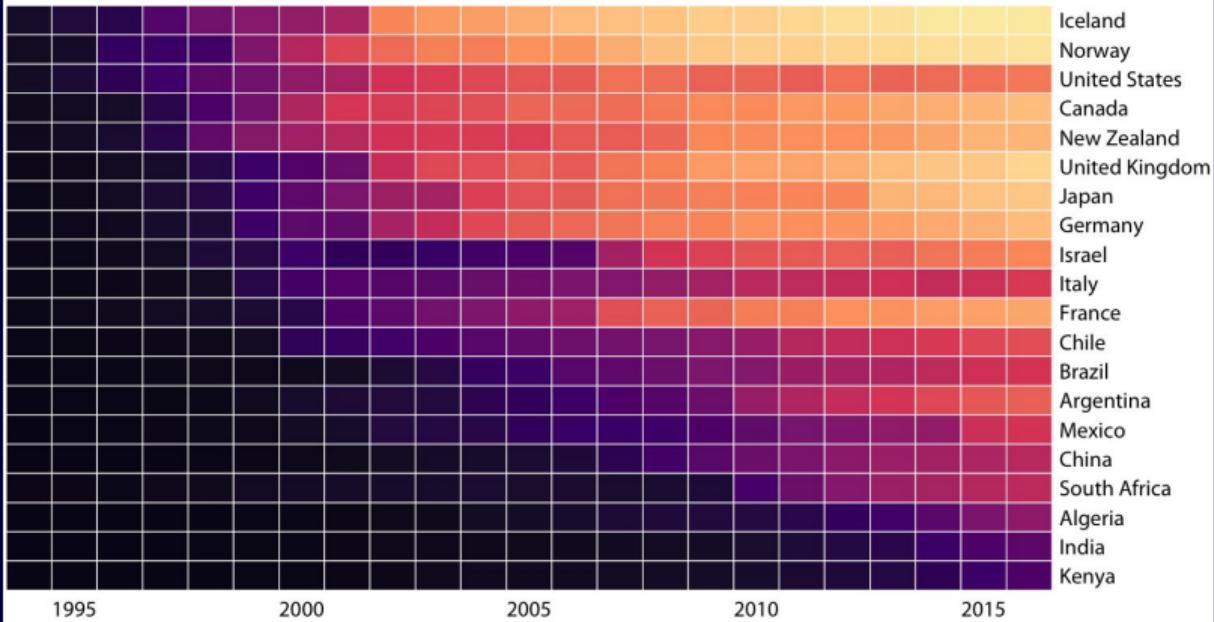


上下限への距離を色で表現

出所: Wilke (2019, Figure 6.15)

ヒートマップ：グループ間の差を色彩で比較。

internet users / 100 people



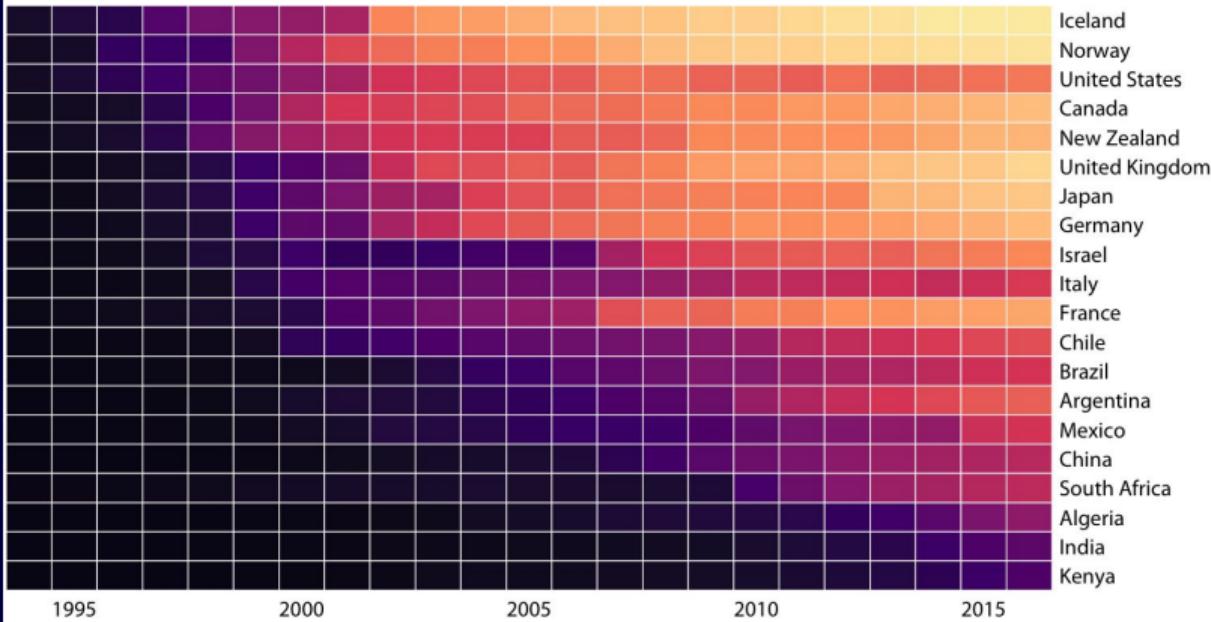
上下限への距離を色で表現

色彩変化で全体的傾向を読む

出所: Wilke (2019, Figure 6.15)

ヒートマップ：グループ間の差を色彩で比較。

internet users / 100 people



上下限への距離を色で表現

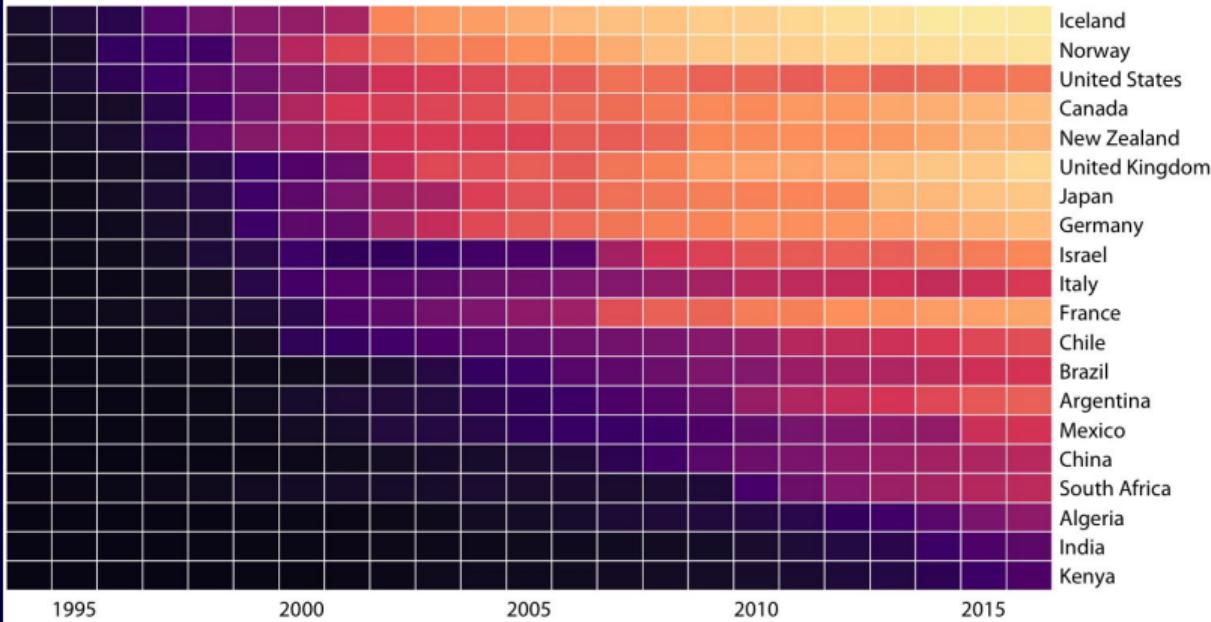
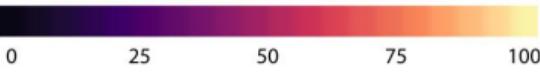
色彩変化で全体的傾向を読む

軸の順番は色の濃淡が連続的に出るように選ぶと意図が伝わりやすい

出所: Wilke (2019, Figure 6.15)

ヒートマップ：グループ間の差を色彩で比較。

internet users / 100 people



上下限への距離を色で表現

色彩変化で全体的傾向を読む

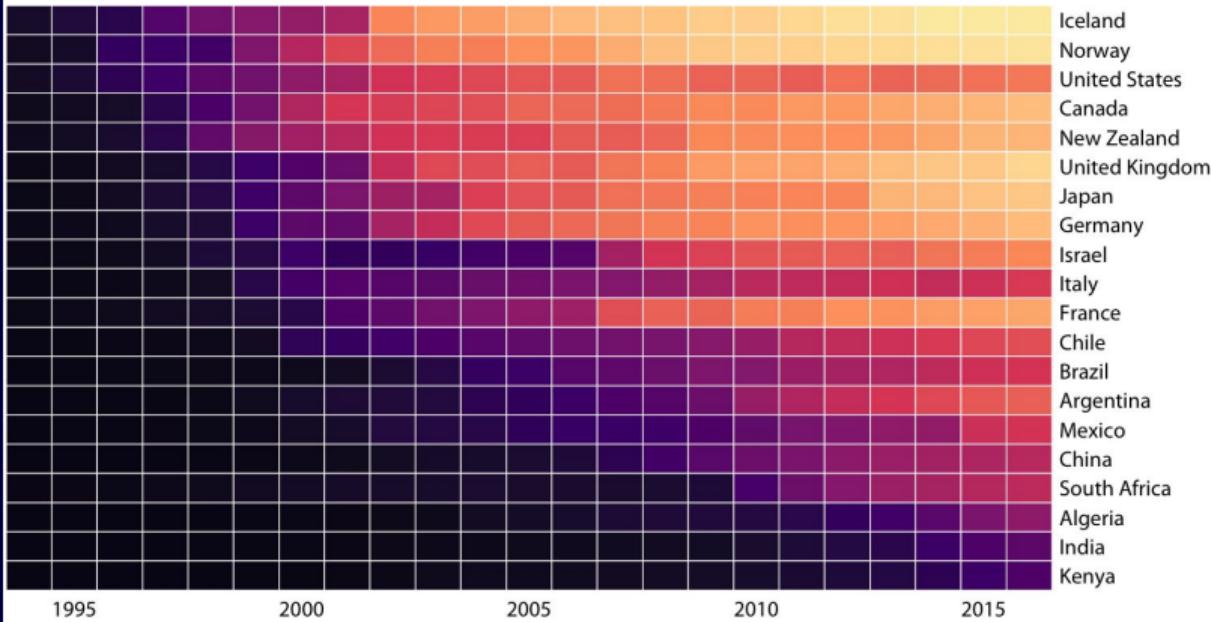
軸の順番は色の濃淡が連続的に出るように選ぶと意図が伝わりやすい

インターネット接続率
20%を超えた年順に縦軸を並べる

出所: Wilke (2019, Figure 6.15)

ヒートマップ：グループ間の差を色彩で比較。

internet users / 100 people



上下限への距離を色で表現

色彩変化で全体的傾向を読む

軸の順番は色の濃淡が連続的に出るように選ぶと意図が伝わりやすい

インターネット接続率
20%を超えた年順に縦軸を並べる

傾向を把握してから並べ方を決める

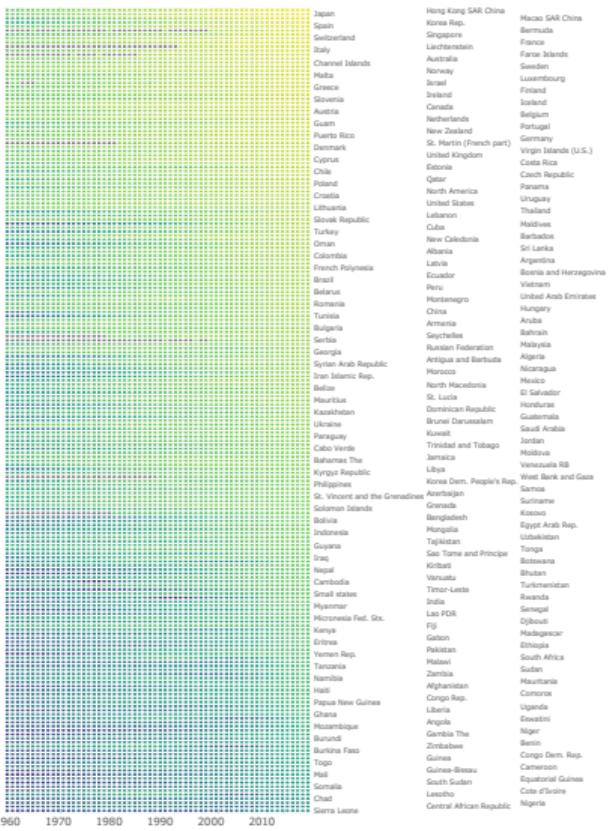
出所: Wilke (2019, Figure 6.15)

Sacred Heart, IDE

Heatmap

Female life expectancy (years)

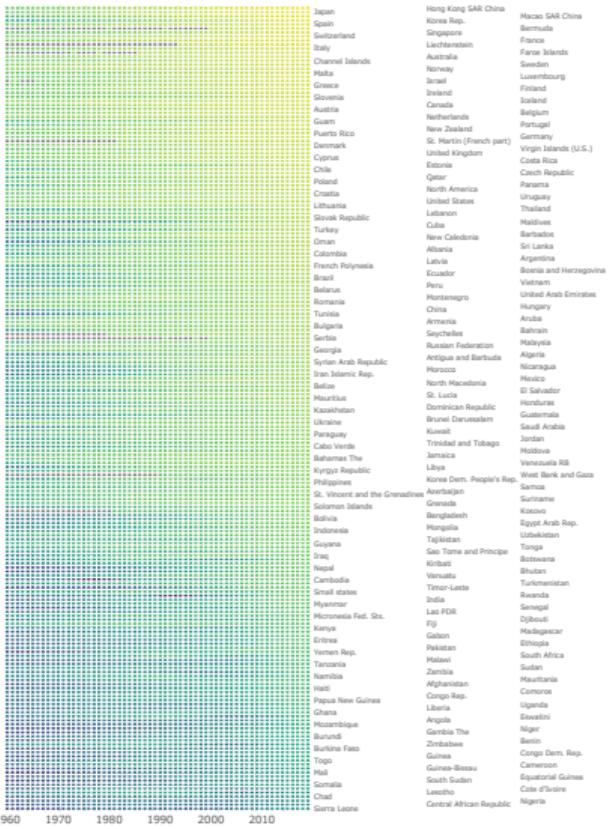
40 60 80



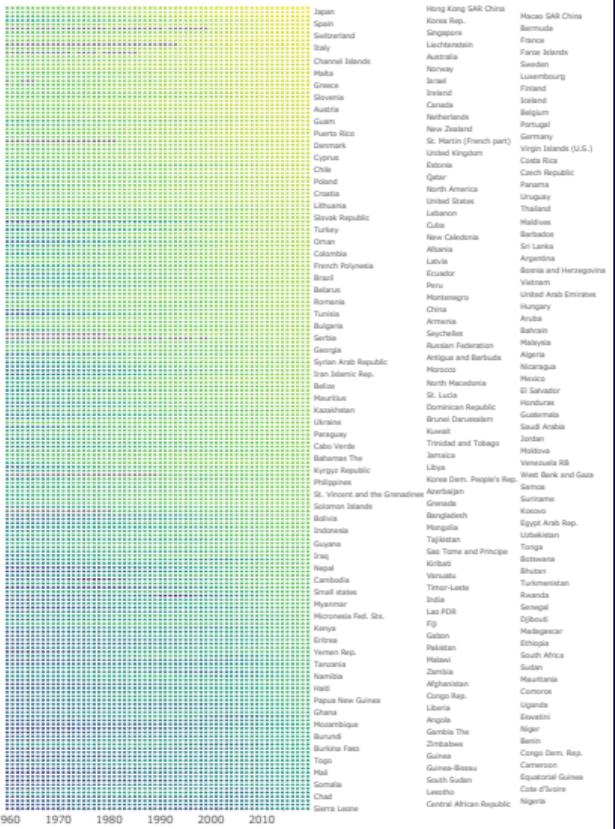
Heatmap

Female life expectancy (years)

40 60 80



国数が多過ぎ。



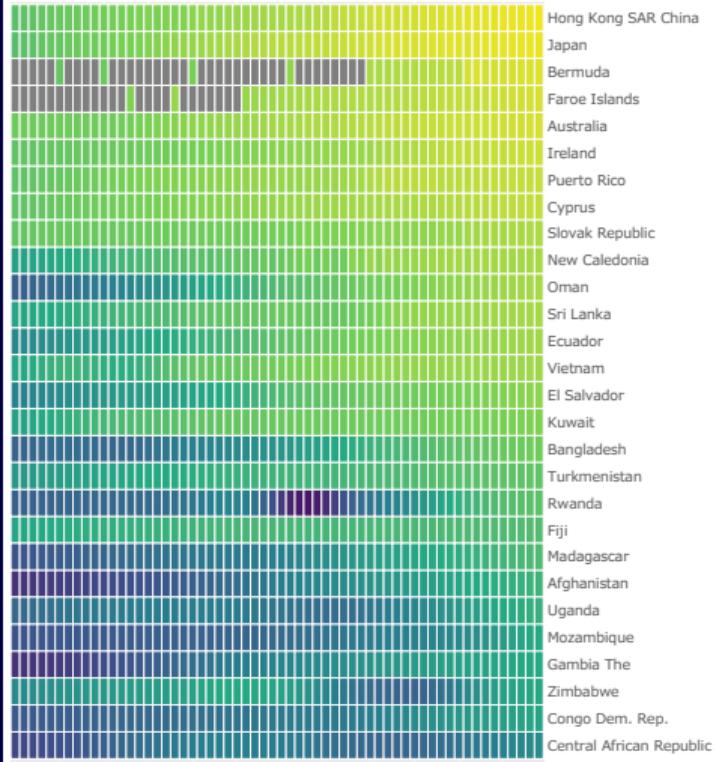
国数が多過ぎ。

グループ (cross sectional units) 数が多いと、まとめる、標本抽出するなどしない限り、視覚化に向かないこともある。統計学を使ってデータ削減すべき。

Heatmap

Female life expectancy (years)

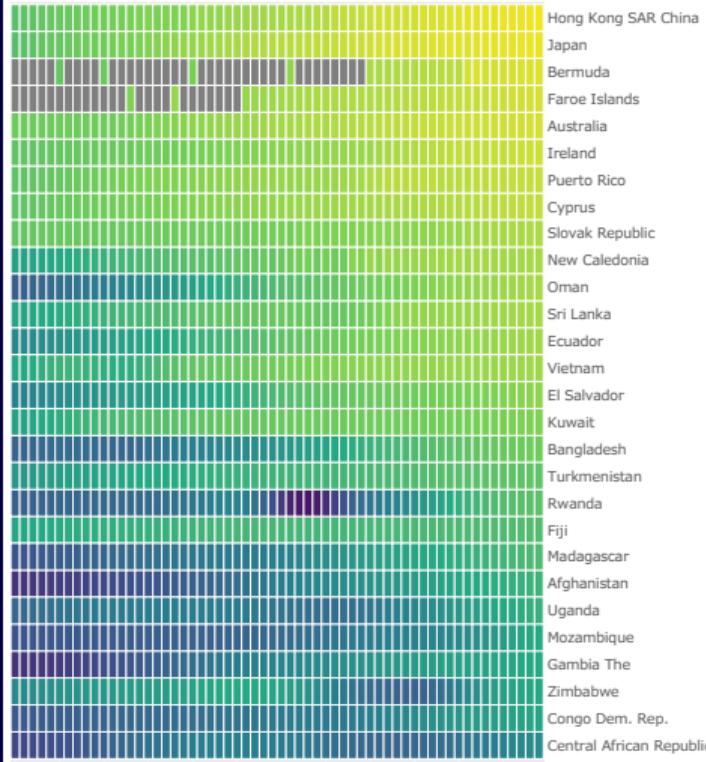
30 40 50 60 70 80



Heatmap

Female life expectancy (years)

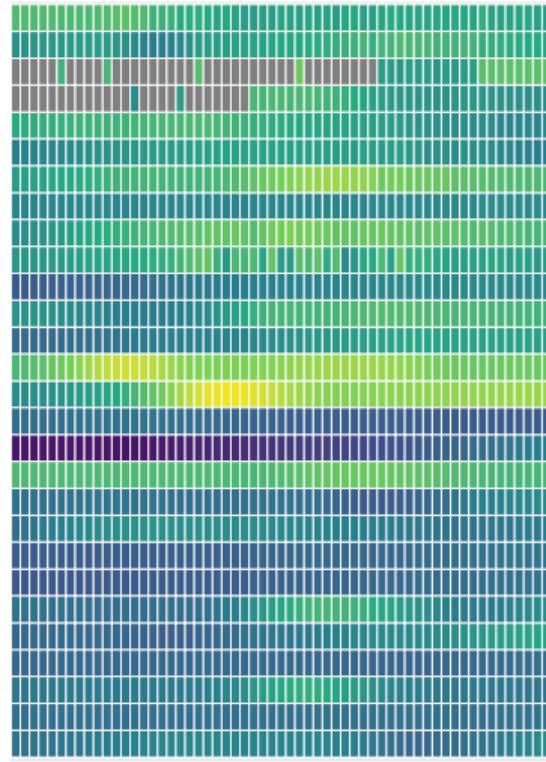
30 40 50 60 70 80



Heatmap

Excess female life expectancy (years)

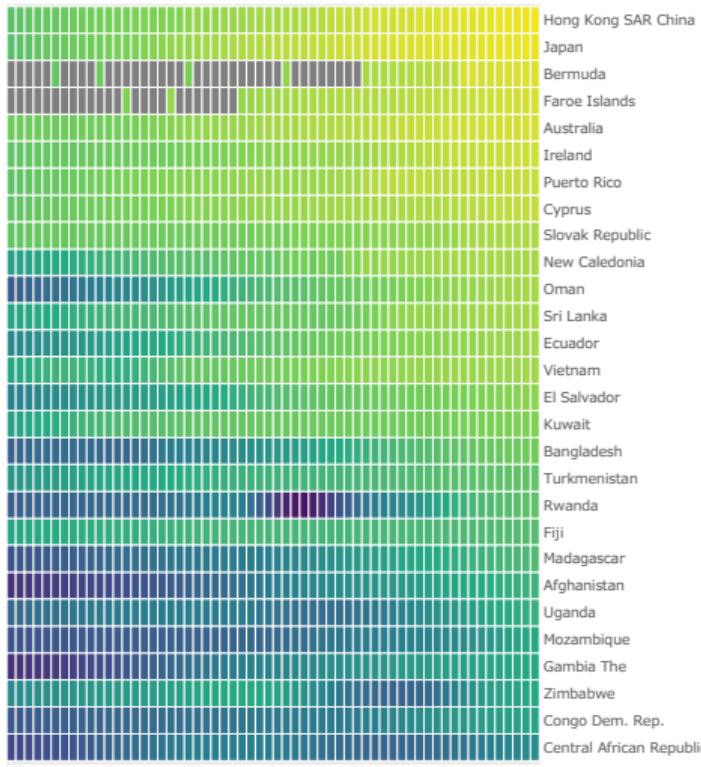
0 4 8



Heatmap

Female life expectancy (years)

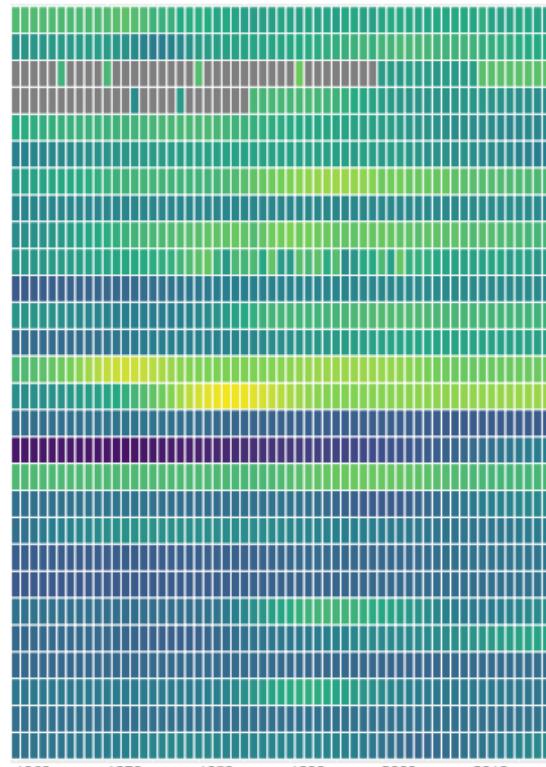
30 40 50 60 70 80



Heatmap

Excess female life expectancy (years)

0 4 8

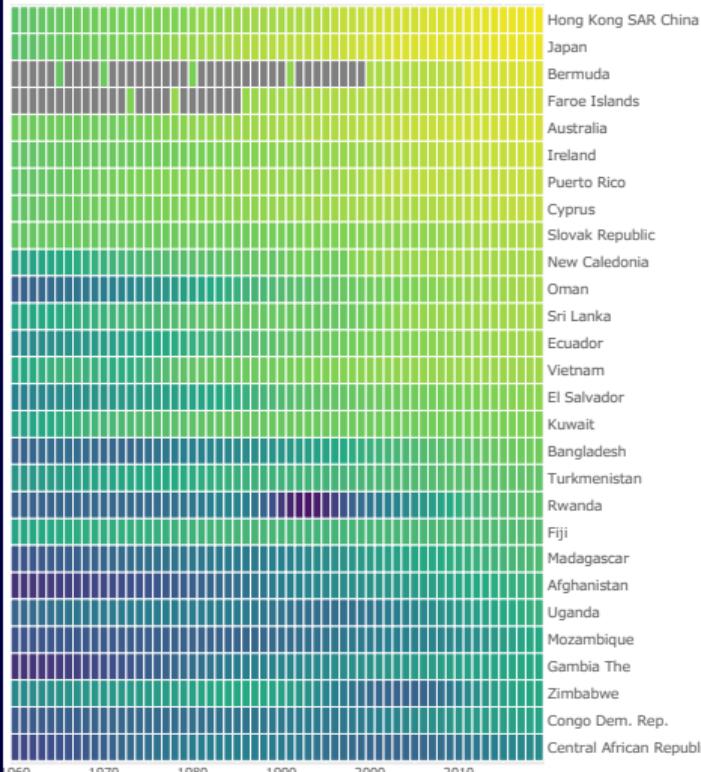


Excess female life expectancy: 女性余命-男性余命

Heatmap

Female life expectancy (years)

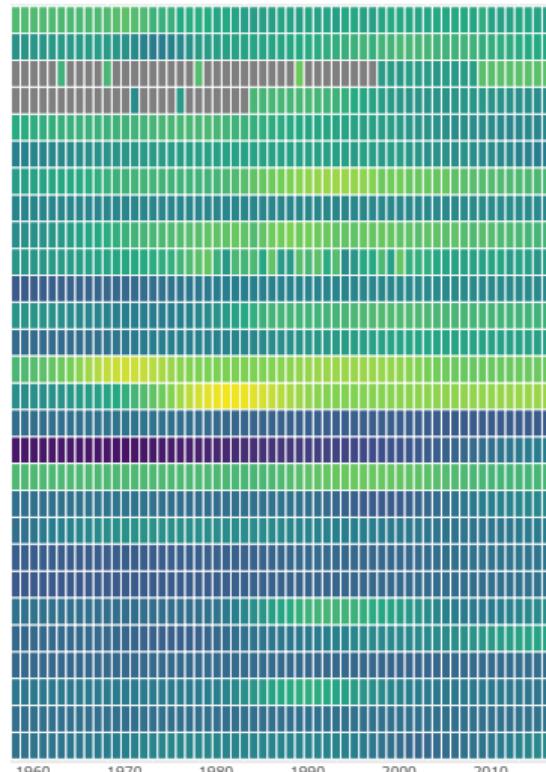
30 40 50 60 70 80



Heatmap

Excess female life expectancy (years)

0 4 8



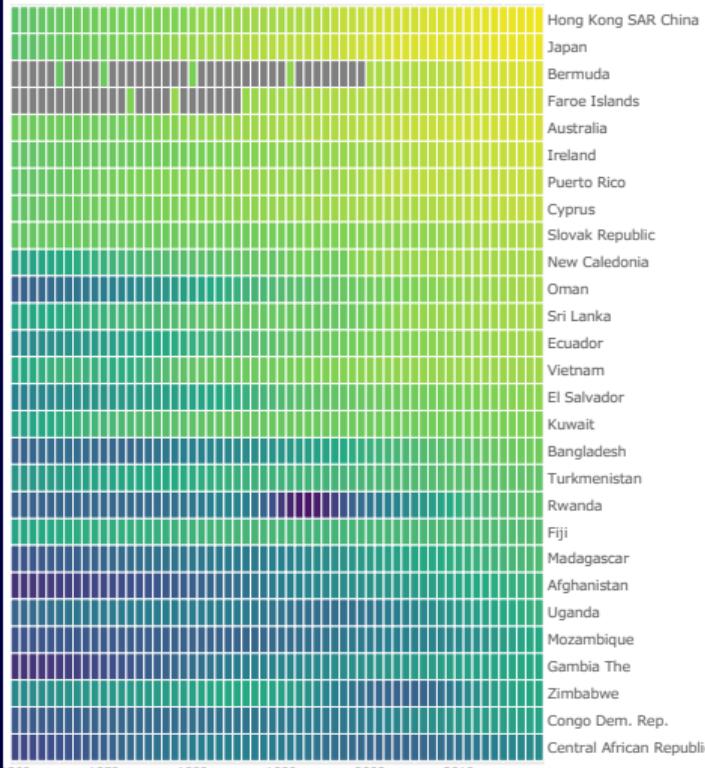
Excess female life expectancy: 女性余命-男性余命

2019年のFLE値の大きい順から5カ国ごとにサンプル。

Heatmap

Female life expectancy (years)

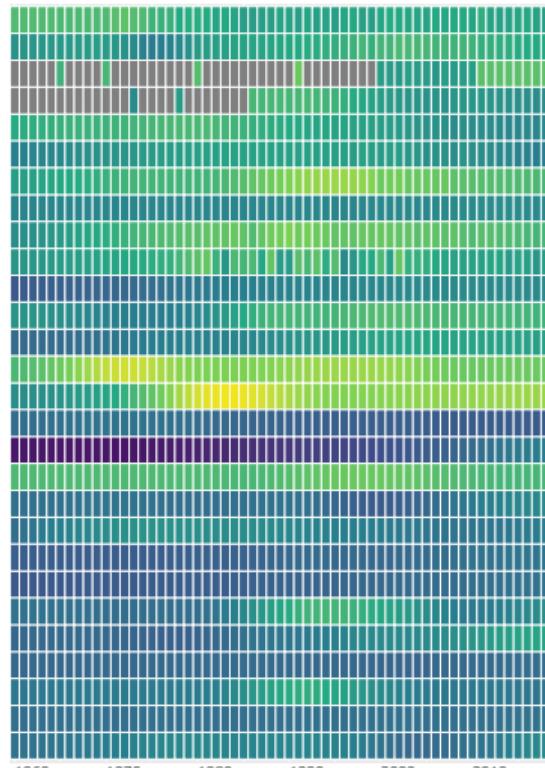
30 40 50 60 70 80



Heatmap

Excess female life expectancy (years)

0 4 8



Excess female life expectancy: 女性余命-男性余命

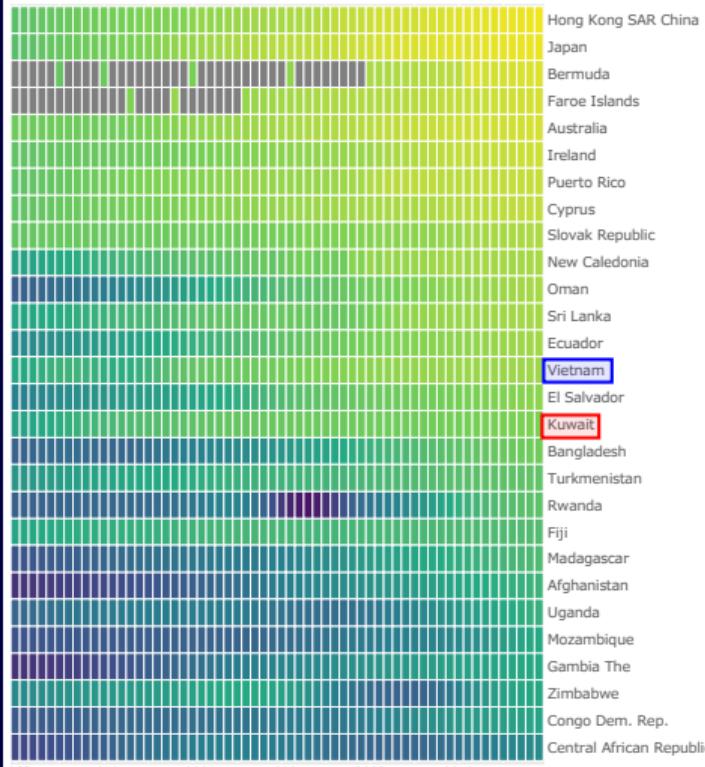
2019年のFLE値の大きい順から5カ国ごとにサンプル。

FLEとEFLEの時系列を組み合わせることで見えることもある。

Heatmap

Female life expectancy (years)

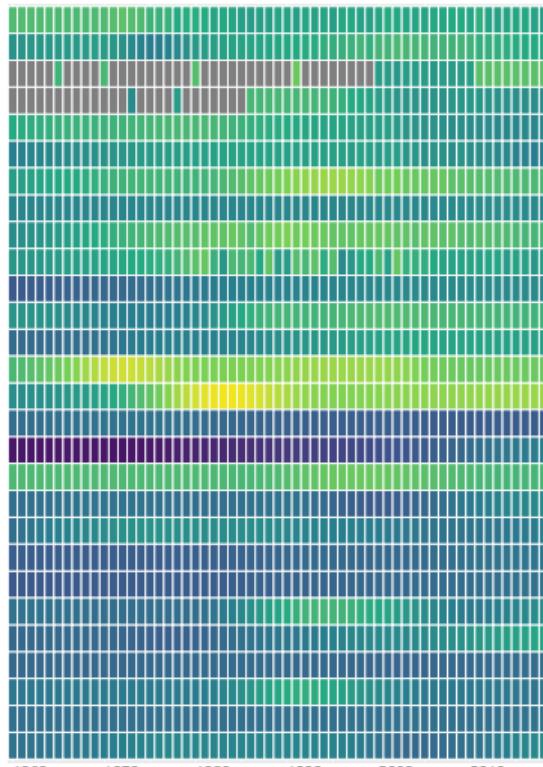
30 40 50 60 70 80



Heatmap

Excess female life expectancy (years)

0 4 8



Excess female life expectancy: 女性余命-男性余命

2019年のFLE値の大きい順から5カ国ごとにサンプル。

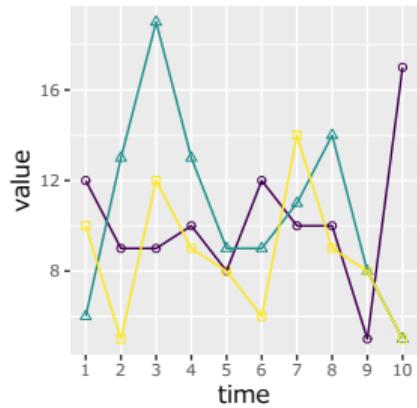
FLEとEFLEの時系列を組み合わせることで見えることもある。

FLEは似ているが、クウェイトはEFLEが低い。クウェイトは所得が高いのにFLEが低い。

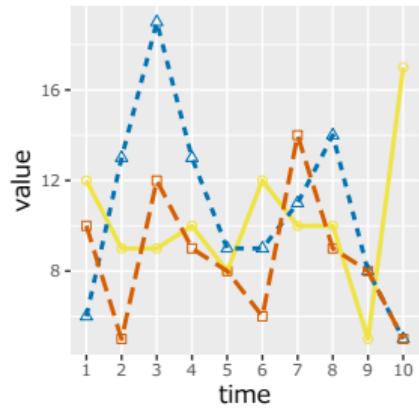
Sacred Heart, IDE

色覚異常があっても判読できる色彩

Grouped point line plot

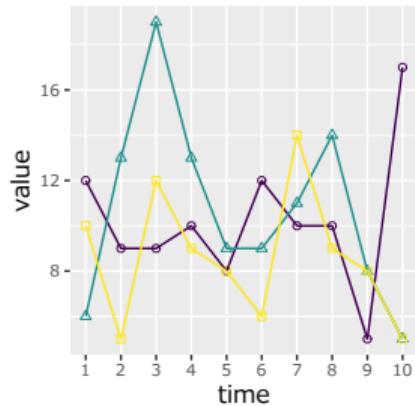


Grouped point line plot

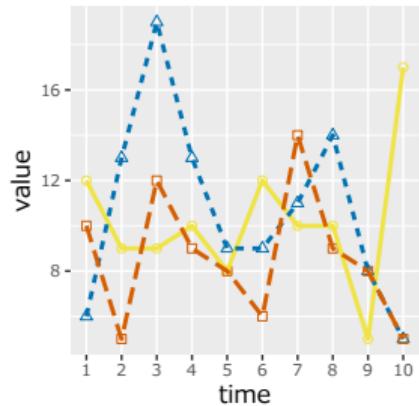


色覚異常があっても判読できる色彩

Grouped point line plot



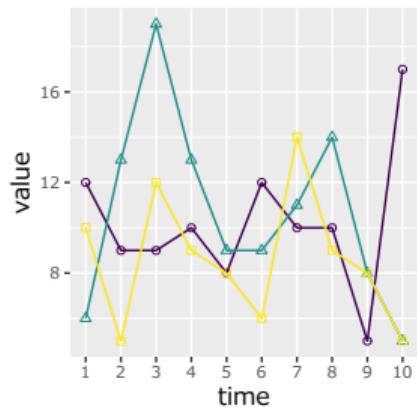
Grouped point line plot



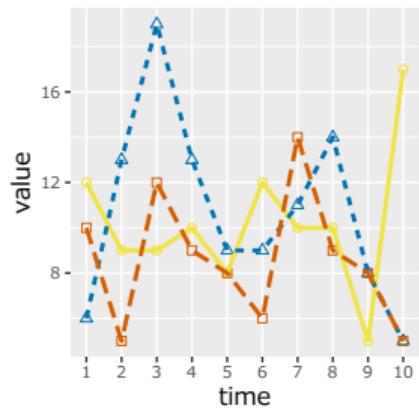
左は viridis ライブラリ、右は色覚異常に対応する
Okabe-Ito パレットから指定

色覚異常があっても判読できる色彩

Grouped point line plot



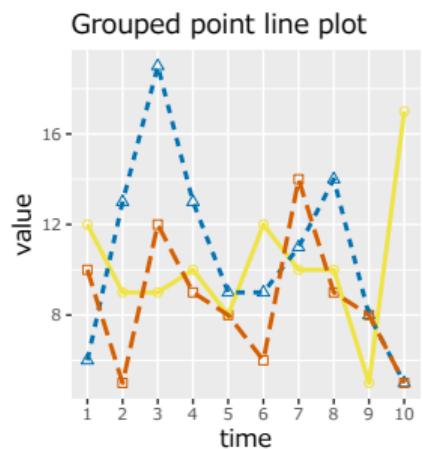
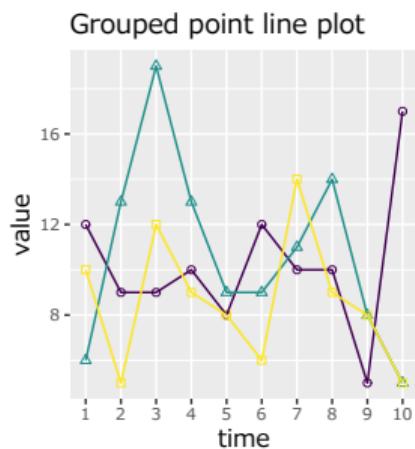
Grouped point line plot



Approximately 8% of males and 0.5% of females suffer from some sort of color-vision deficiency, and deuteranomaly is the most common form whereas tritanomaly is relatively rare (Wilke, 2019, Section 19.3).

左は viridis ライブラリ、右は色覚異常に対応する Okabe-Ito パレットから指定

色覚異常があっても判読できる色彩



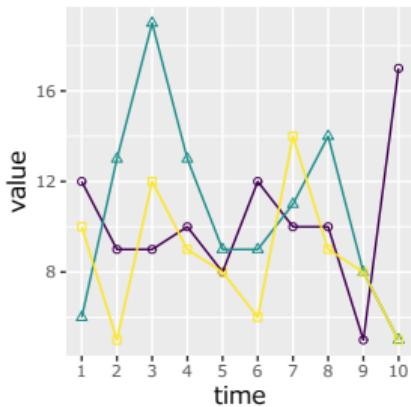
Approximately 8% of males and 0.5% of females suffer from some sort of color-vision deficiency, and deuteranomaly is the most common form whereas tritanomaly is relatively rare (Wilke, 2019, Section 19.3).

Deuteranomaly: Red-green color-vision deficiency.

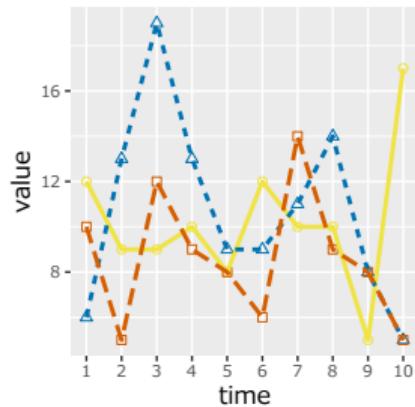
左は viridis ライブラリ、右は色覚異常に対応する Okabe-Ito パレットから指定

色覚異常があっても判読できる色彩

Grouped point line plot



Grouped point line plot



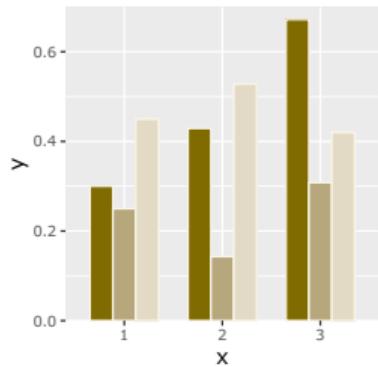
左は viridis ライブラリ、右は色覚異常に対応する Okabe-Ito パレットから指定

Approximately 8% of males and 0.5% of females suffer from some sort of color-vision deficiency, and deuteranomaly is the most common form whereas tritanomaly is relatively rare (Wilke, 2019, Section 19.3).

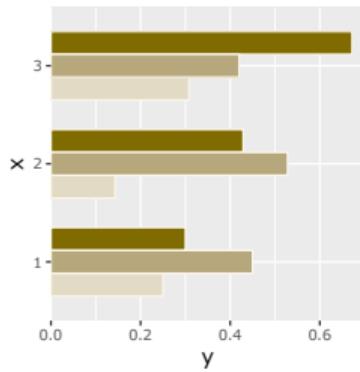
Deuteranomaly: Red-green color-vision deficiency.

Tritanomaly: Blue-yellow color-vision deficiency. .01%.

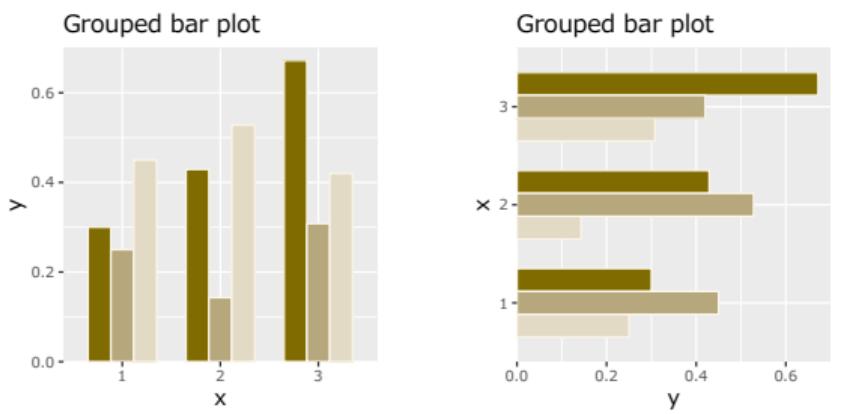
Grouped bar plot



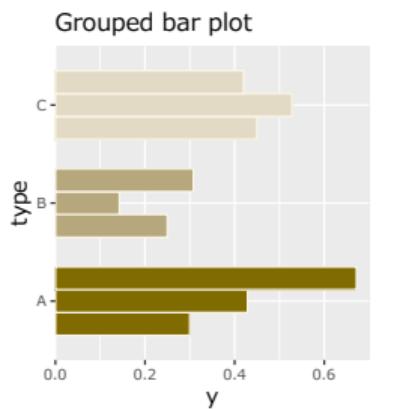
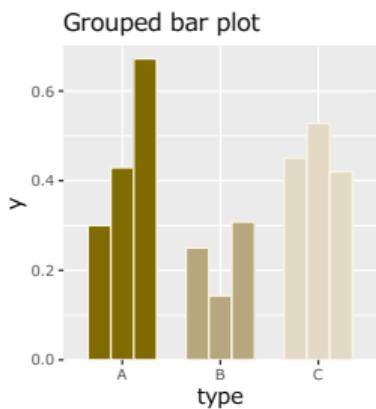
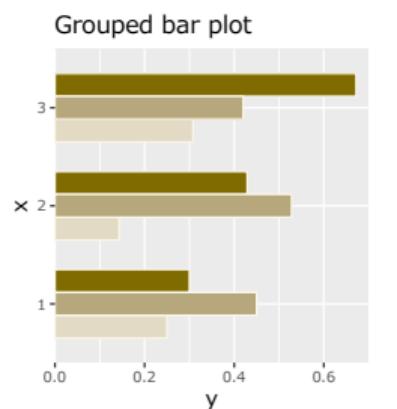
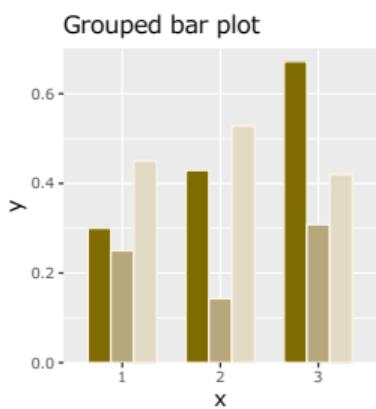
Grouped bar plot



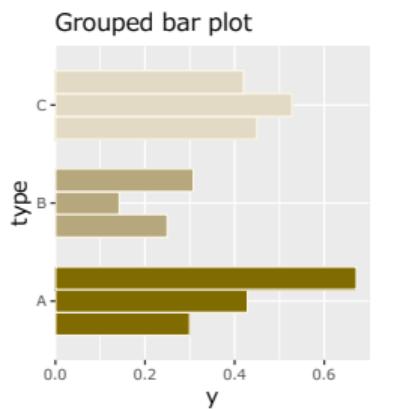
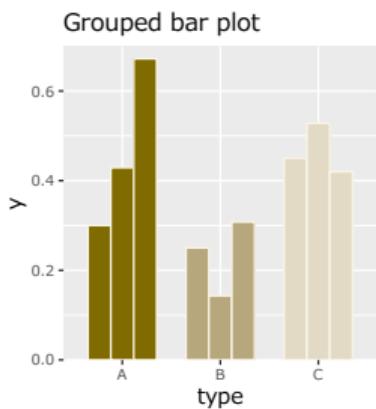
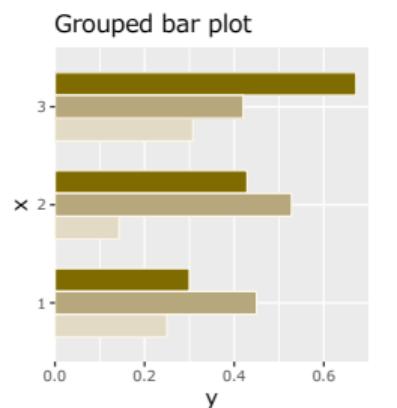
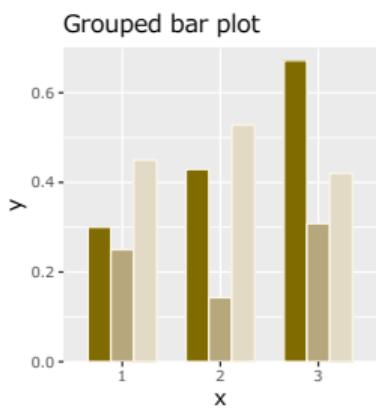
各時点で絶対量グループ間比較



各時点で絶対量グループ間比較

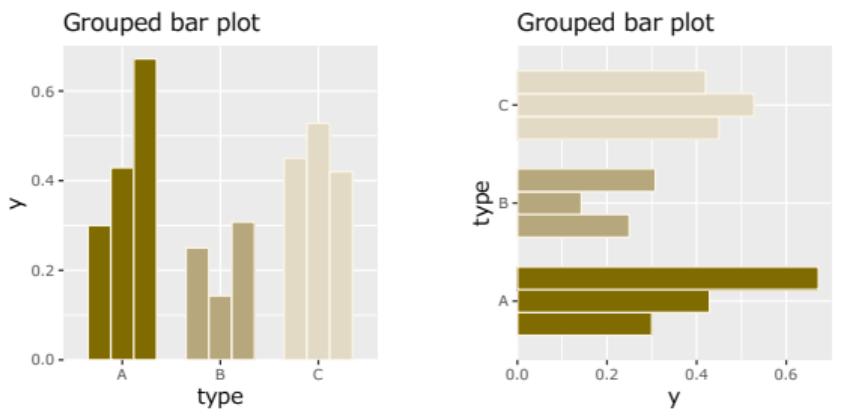
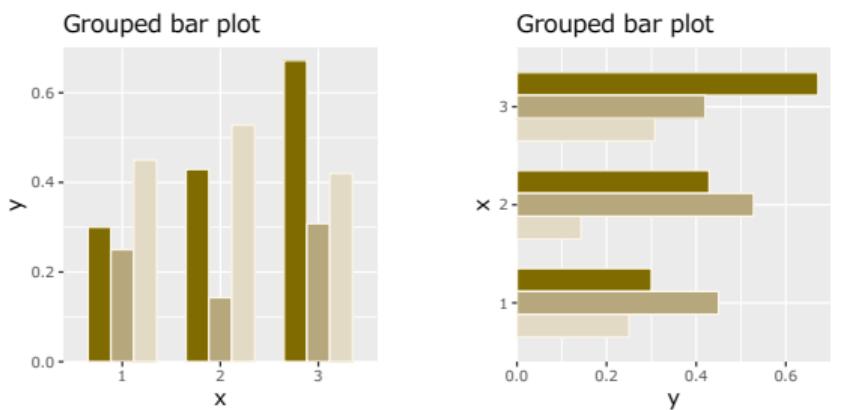


各時点で絶対量グループ間比較



全体的傾向のグループ間比較

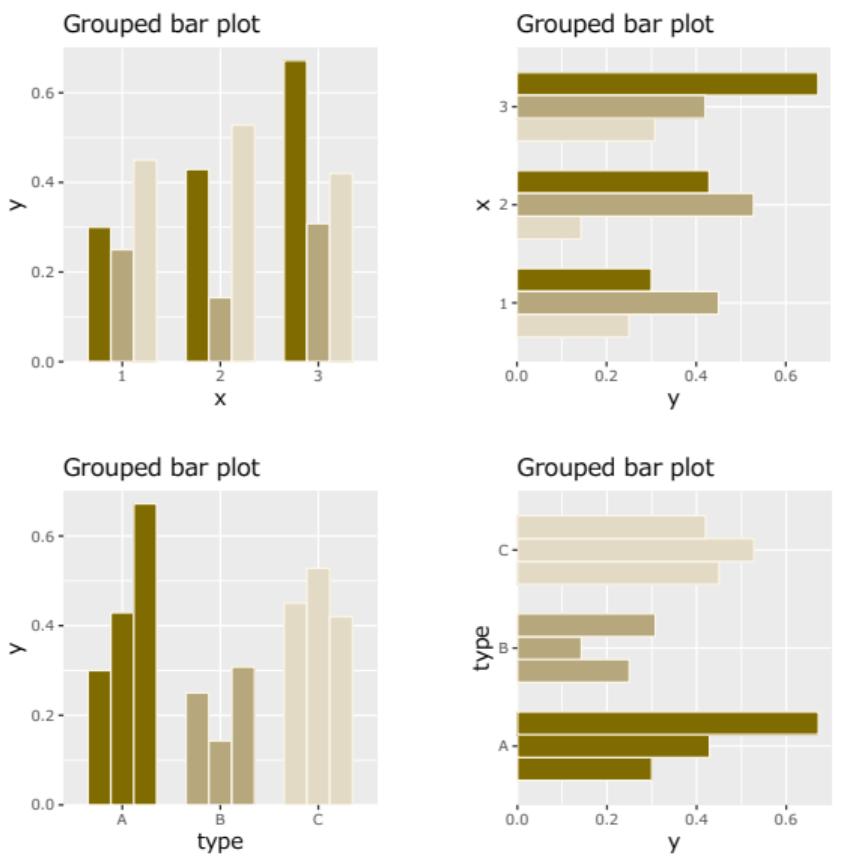
各時点で絶対量グループ間比較



全体的傾向のグループ間比較

色を変える必要は無い(比較のために色彩の違いを残した)

各時点で絶対量グループ間比較

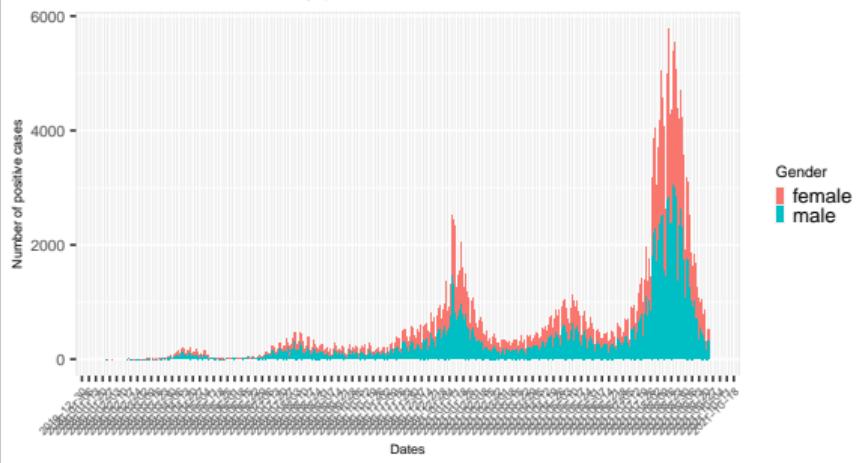


全体的傾向のグループ間比較

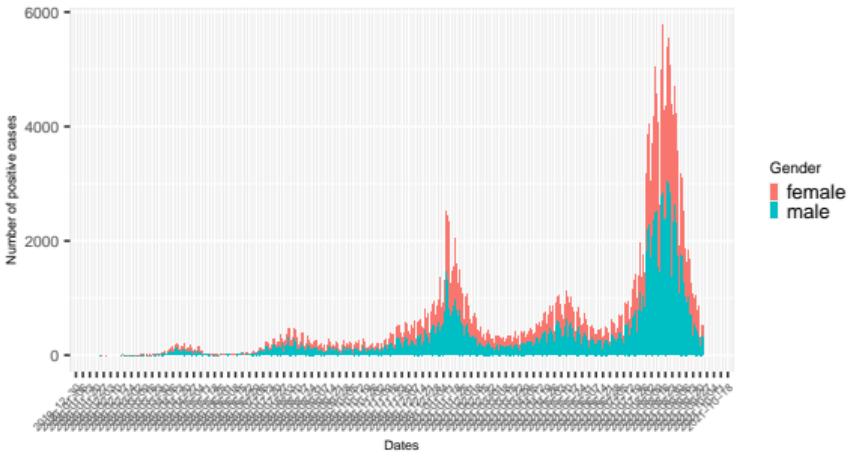
色を変える必要は無い(比較のために色彩の違いを残した)

こちらの方が見る人に思考を要求しない

Number of daily positive cases since Jan 24, 2020

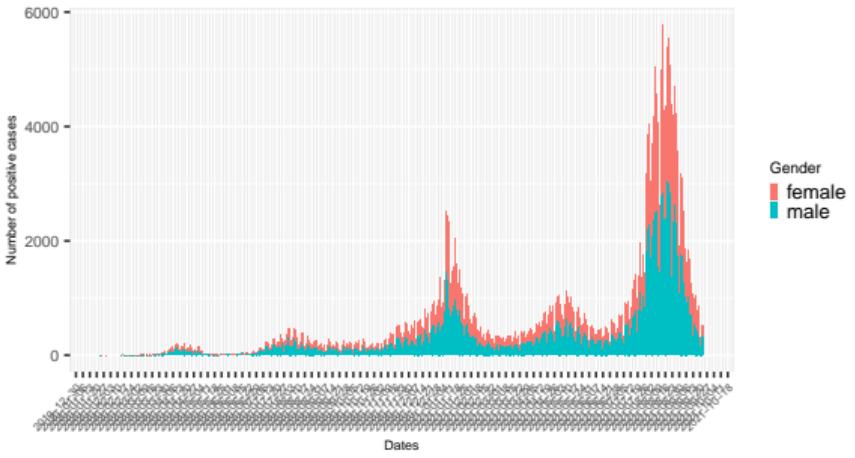


Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



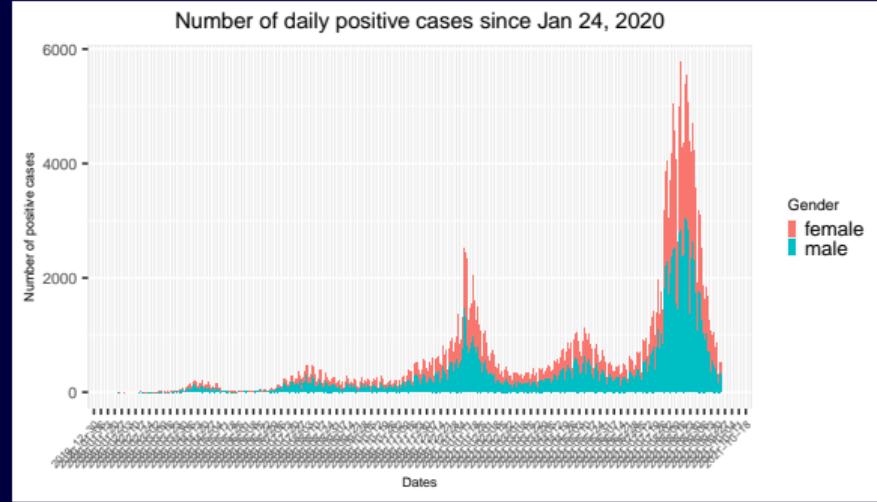
Stacked bar plot: 全体の高さとグループ内訳を示す

Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



Stacked bar plot: 全体の高さとグループ内訳を示す

ここまでデータが長く変動が激しいと内訳を比較するのは難しい

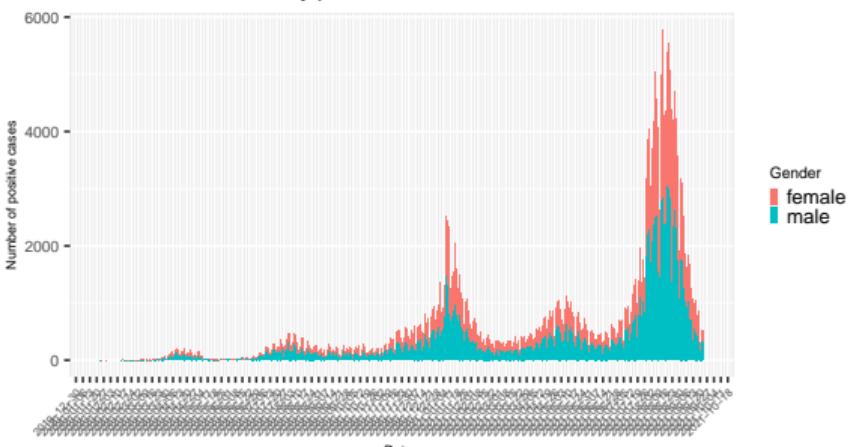


Stacked bar plot: 全体の高さとグループ内訳を示す

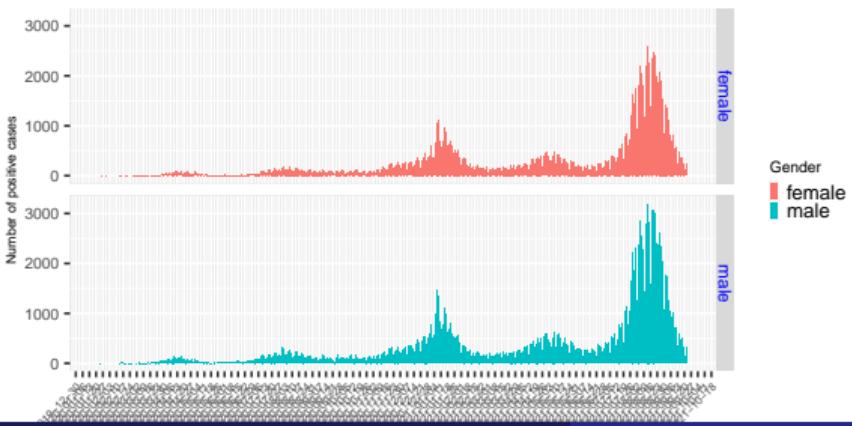
ここまでデータが長く変動が激しいと内訳を比較するのは難しい

最下層に来るデータによって印象が変わる

Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



Number of daily positive cases since Jan 24, 2020

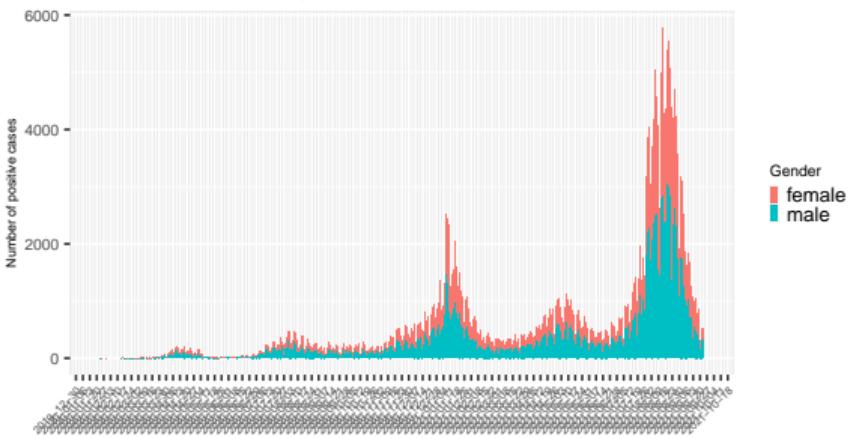


Stacked bar plot: 全体の高さとグループ内訳を示す

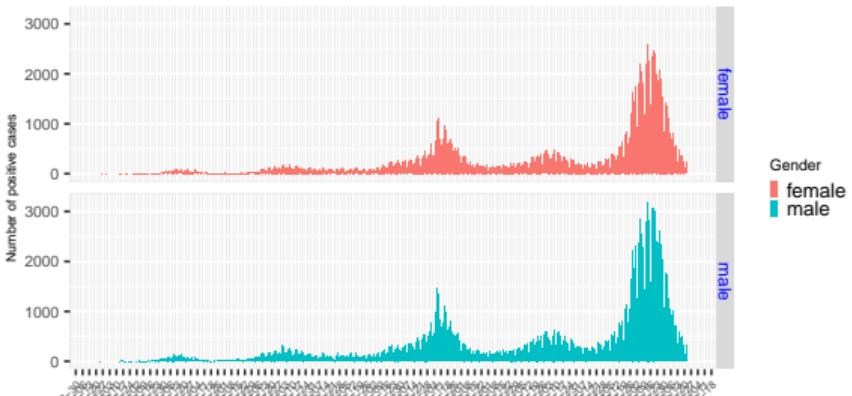
ここまでデータが長く変動が激しいと内訳を比較するのは難しい

最下層に来るデータによって印象が変わる

Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



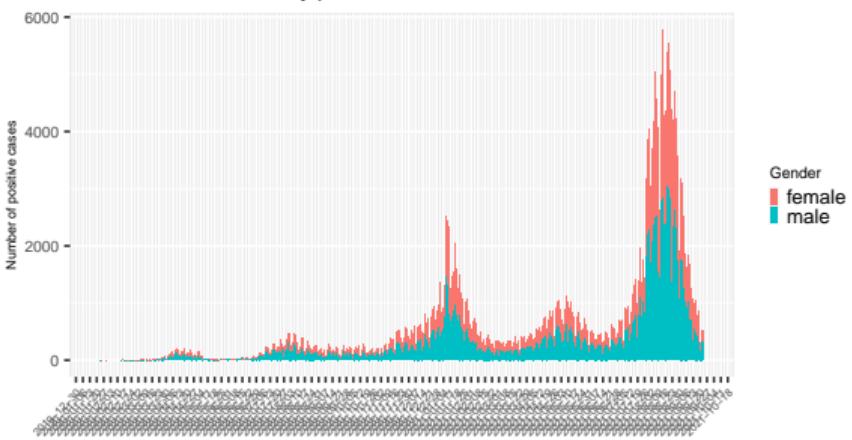
Stacked bar plot: 全体の高さとグループ内訳を示す

ここまでデータが長く変動が激しいと内訳を比較するのは難しい

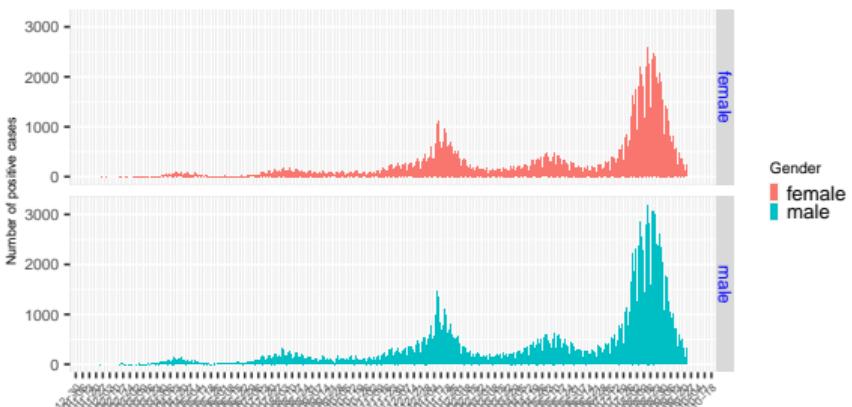
最下層に来るデータによって印象が変わる

行ごとの縮尺共通: グループごとの高さを示す

Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



Ito (IDE, Sacred Heart)

4

Stacked bar plot: 全体の高さとグループ内訳を示す

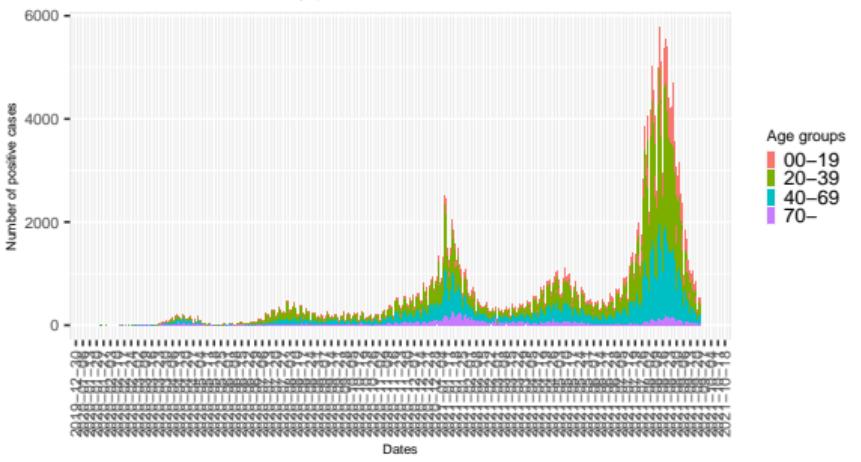
ここまでデータが長く変動が激しいと内訳を比較するのは難しい

最下層に来るデータによって印象が変わる

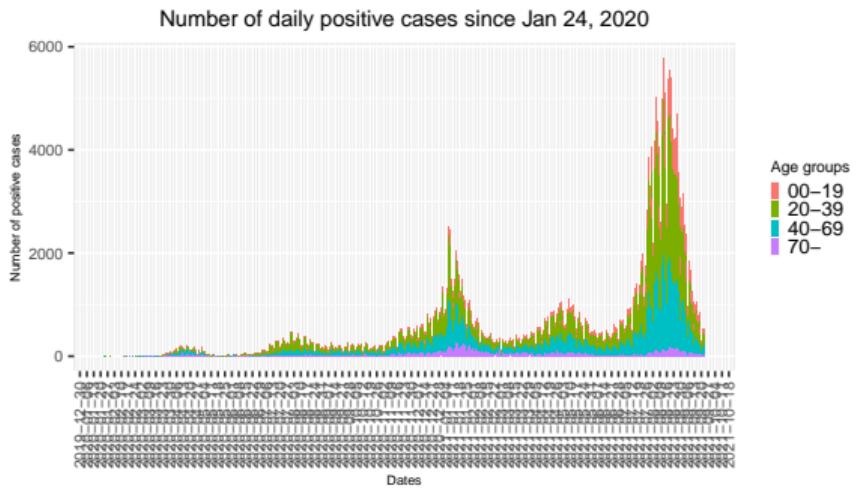
行ごとの縮尺共通: グループごとの高さを示す

色を変える必要は無い

Number of daily positive cases since Jan 24, 2020

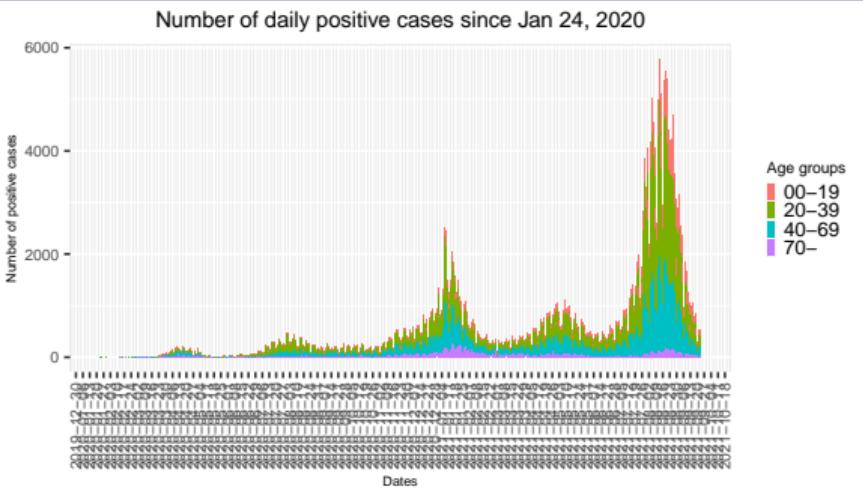


Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



全体の高さとグループ内訳を示す

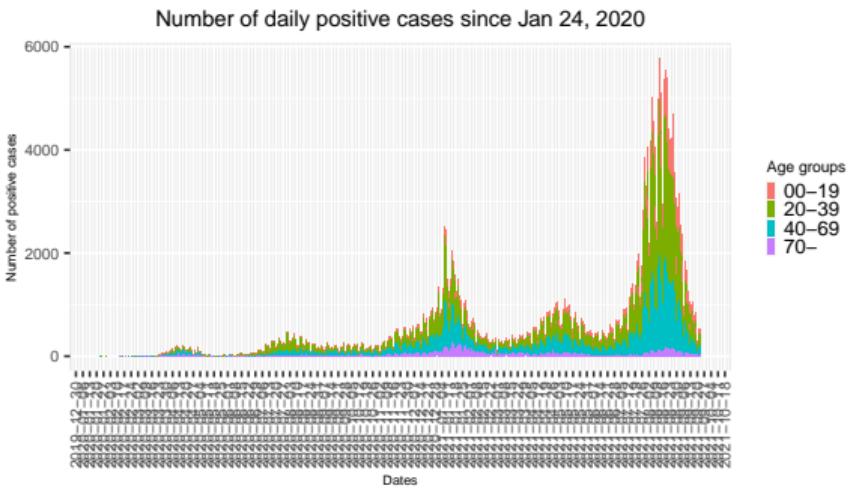
Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



全体の高さとグループ内訳を示す

ここまでデータが長く変動が激しいと内訳を比較するのは難しい

Number of daily positive cases since Jan 24, 2020

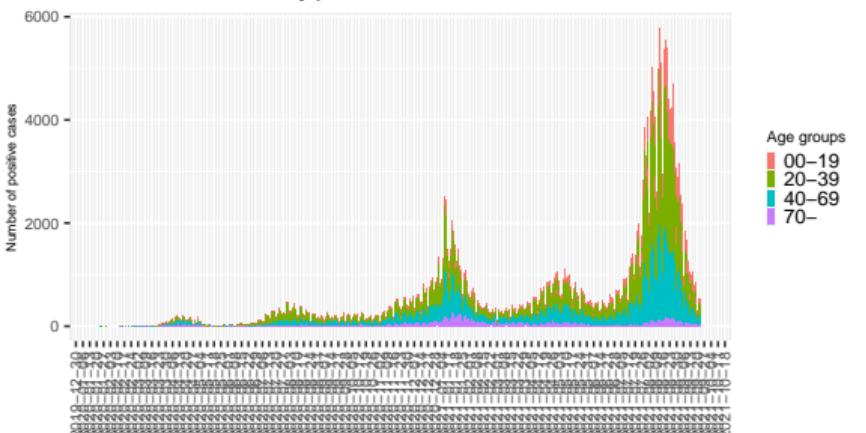


全体の高さとグループ内訳を示す

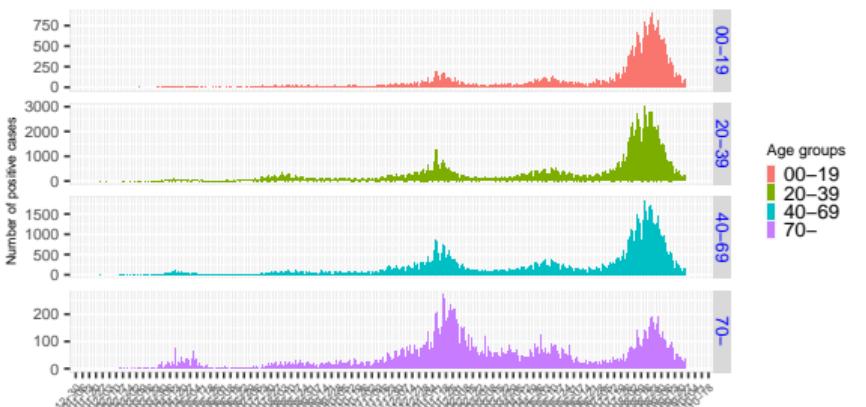
ここまでデータが長く変動が激しいと内訳を比較するのは難しい

最下層に来るデータによって印象が変わる

Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



Number of daily positive cases since Jan 24, 2020

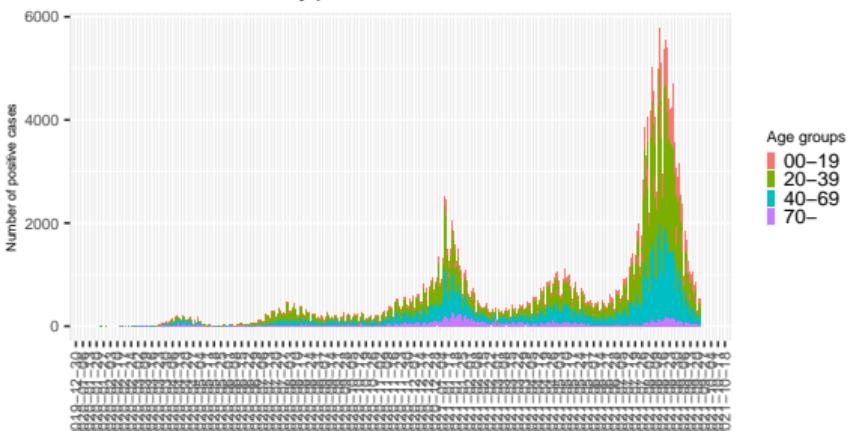


全体の高さとグループ内訳を示す

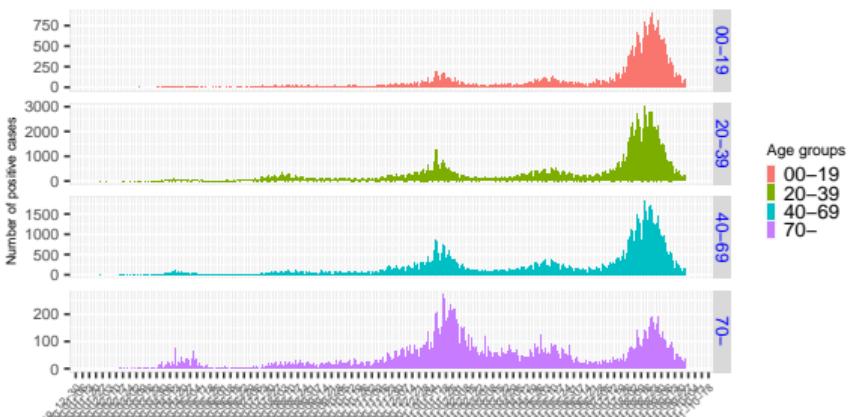
ここまでデータが長く変動が激しいと内訳を比較するのは難しい

最下層に来るデータによって印象が変わる

Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



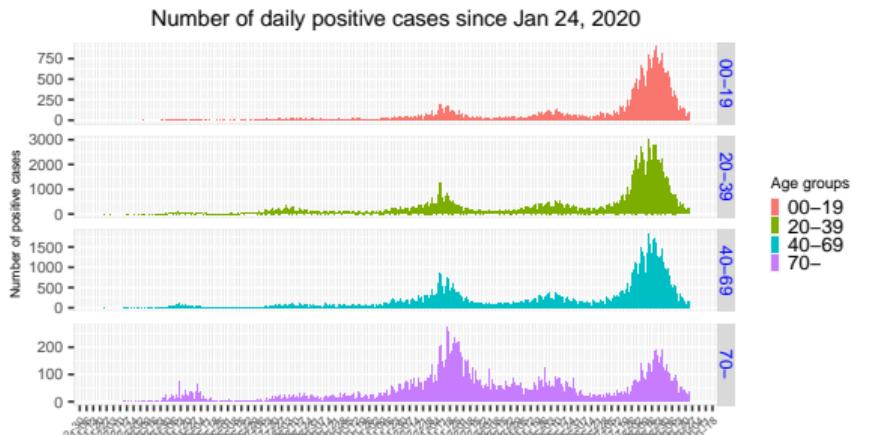
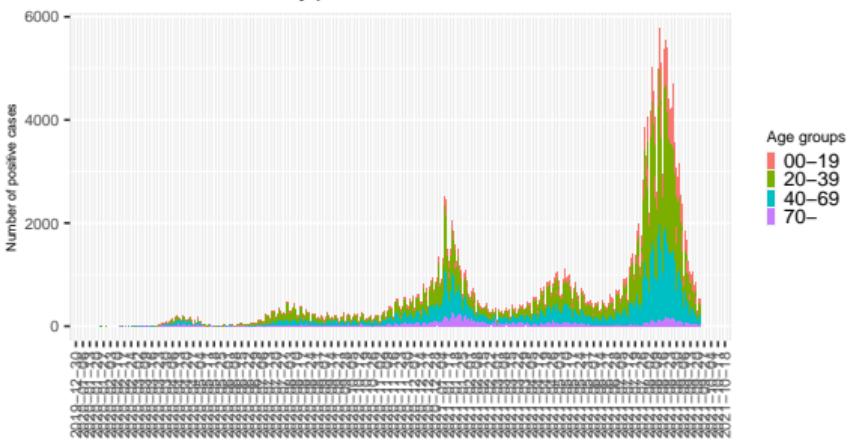
全体の高さとグループ内訳を示す

ここまでデータが長く変動が激しいと内訳を比較するのは難しい

最下層に来るデータによって印象が変わる

行ごとに縮尺変化: グループごとの趨勢を示す

Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



全体の高さとグループ内訳を示す

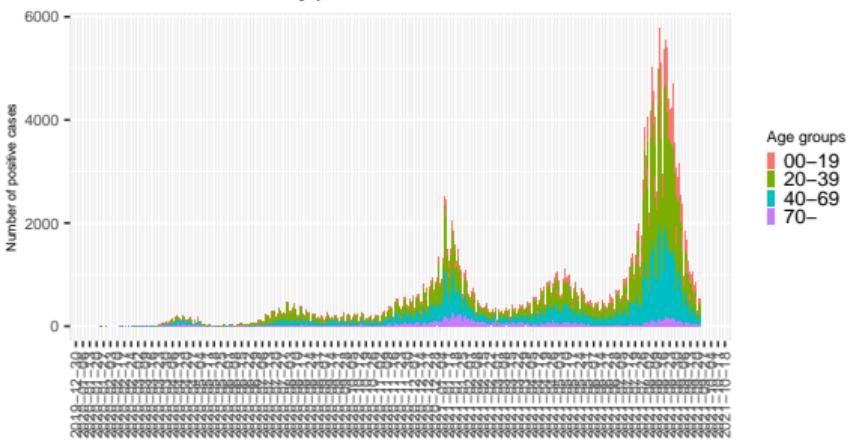
ここまでデータが長く変動が激しいと内訳を比較するのは難しい

最下層に来るデータによって印象が変わる

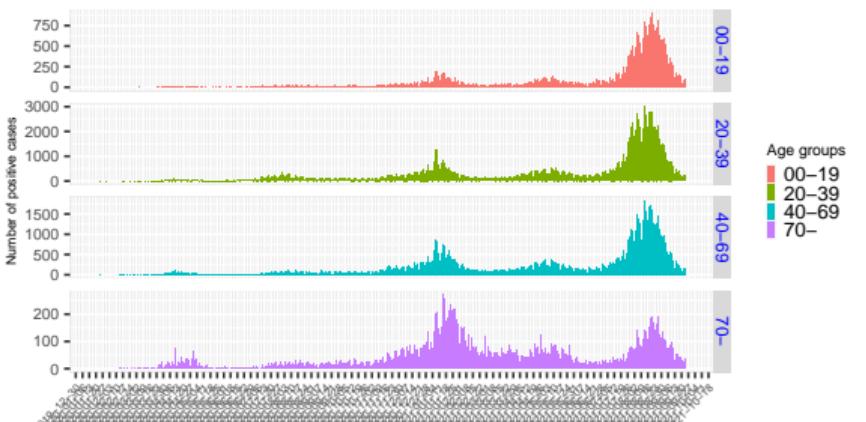
行ごとに縮尺変化: グループごとの趨勢を示す

色を変える必要は無い

Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



Number of daily positive cases since Jan 24, 2020



全体の高さとグループ内訳を示す

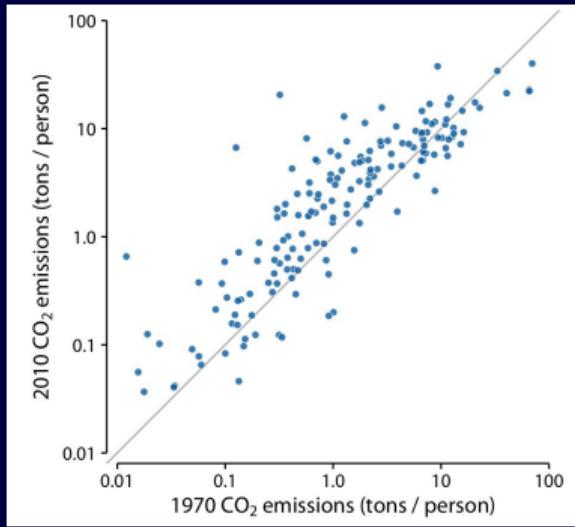
ここまでデータが長く変動が激しいと内訳を比較するのは難しい

最下層に来るデータによって印象が変わる

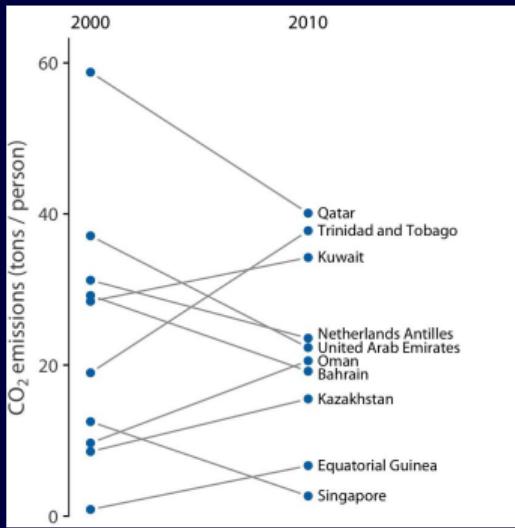
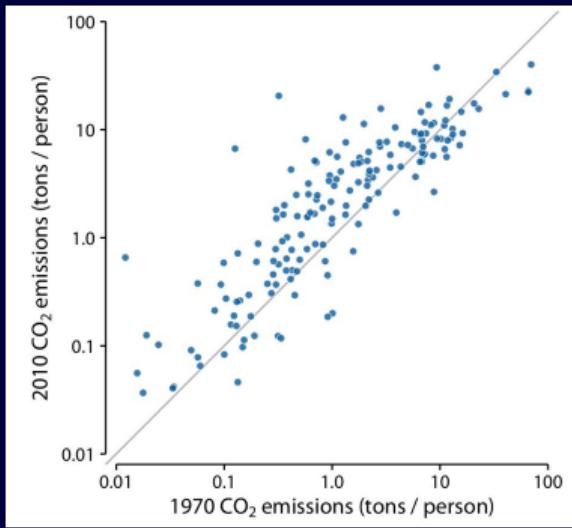
行ごとに縮尺変化: グループごとの趨勢を示す

色を変える必要は無い

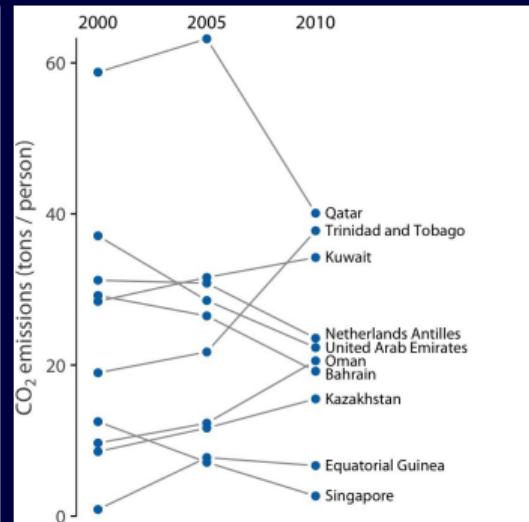
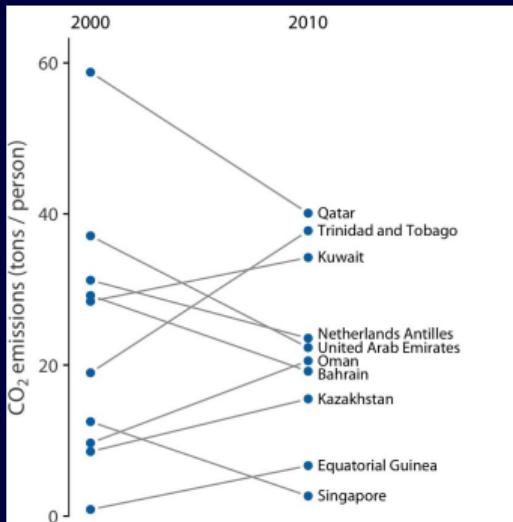
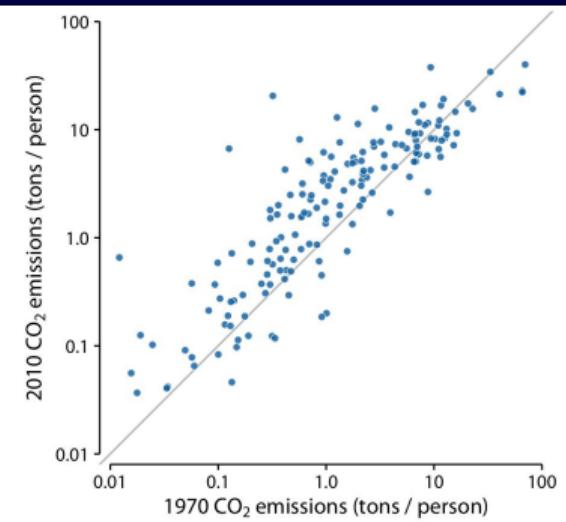
底が揃っているとピークを見つけやすい



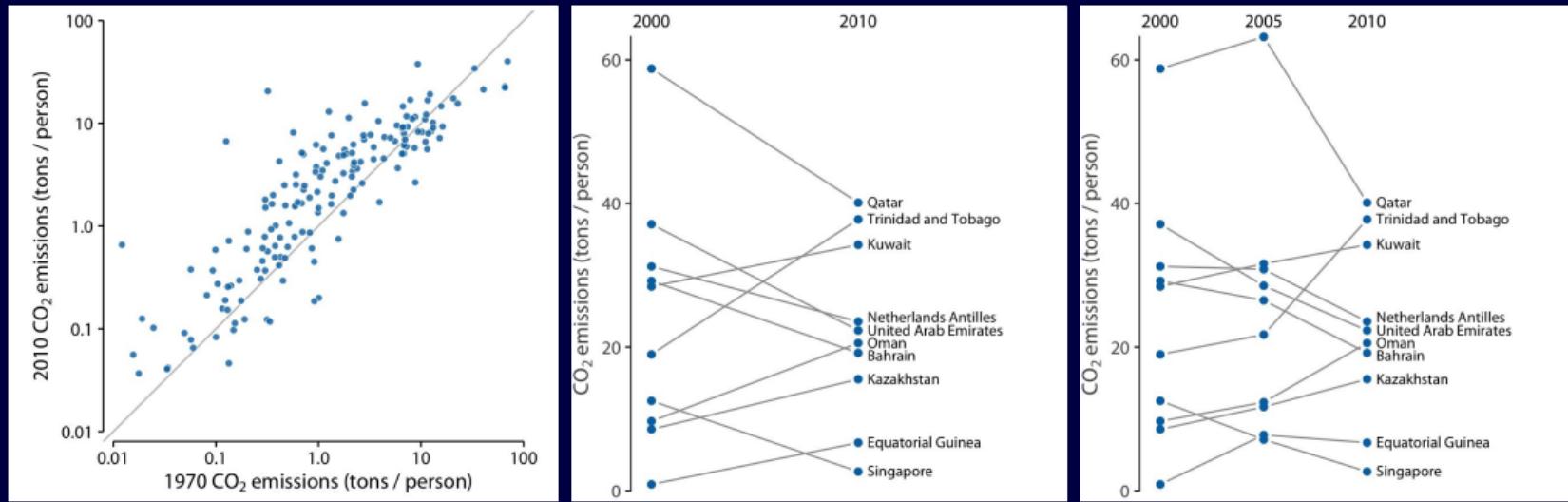
出所: Wilke (2019, Figure 12.11-12.13)



出所: Wilke (2019, Figure 12.11-12.13)

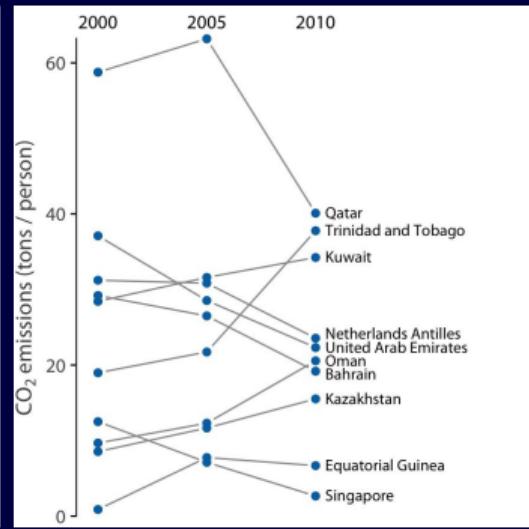
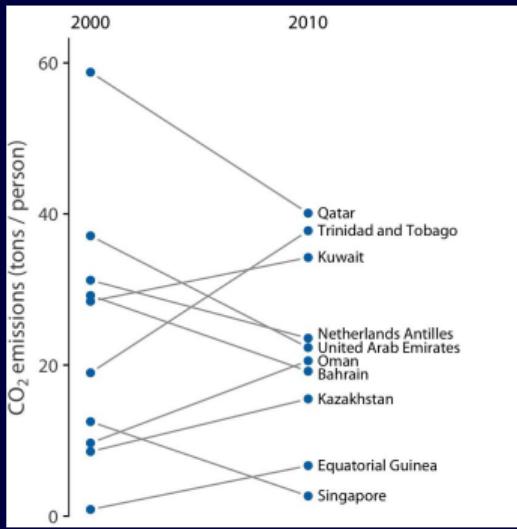
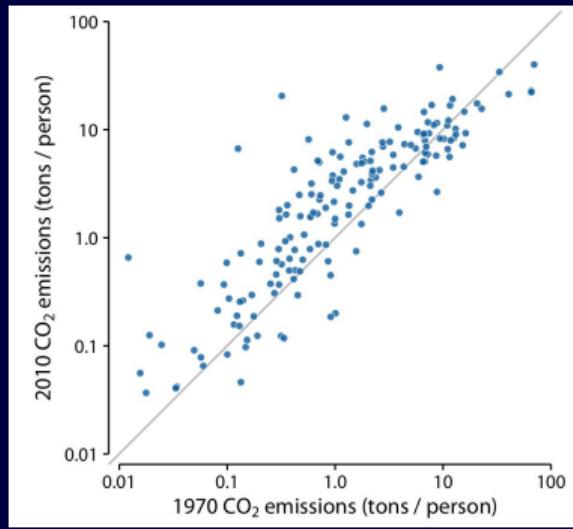


出所: Wilke (2019, Figure 12.11-12.13)



出所: Wilke (2019, Figure 12.11-12.13)

散布図 scatter plot: 全体的な分布を示す、45度線で増減を示す



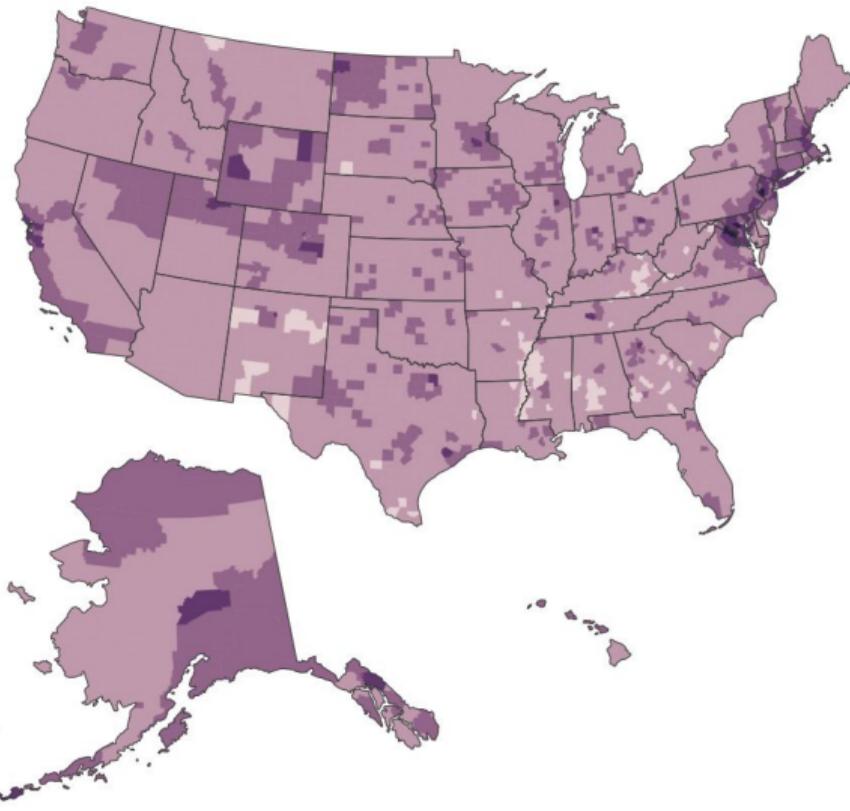
出所: Wilke (2019, Figure 12.11-12.13)

散布図 scatter plot: 全体的な分布を示す、45度線で増減を示す

Slopegraph: 変化の程度(傾斜)を示す、2時点以上も可

median income

- > \$105k
- \$85k to \$105k
- \$60k to \$85k
- \$30k to \$60k
- < \$30k

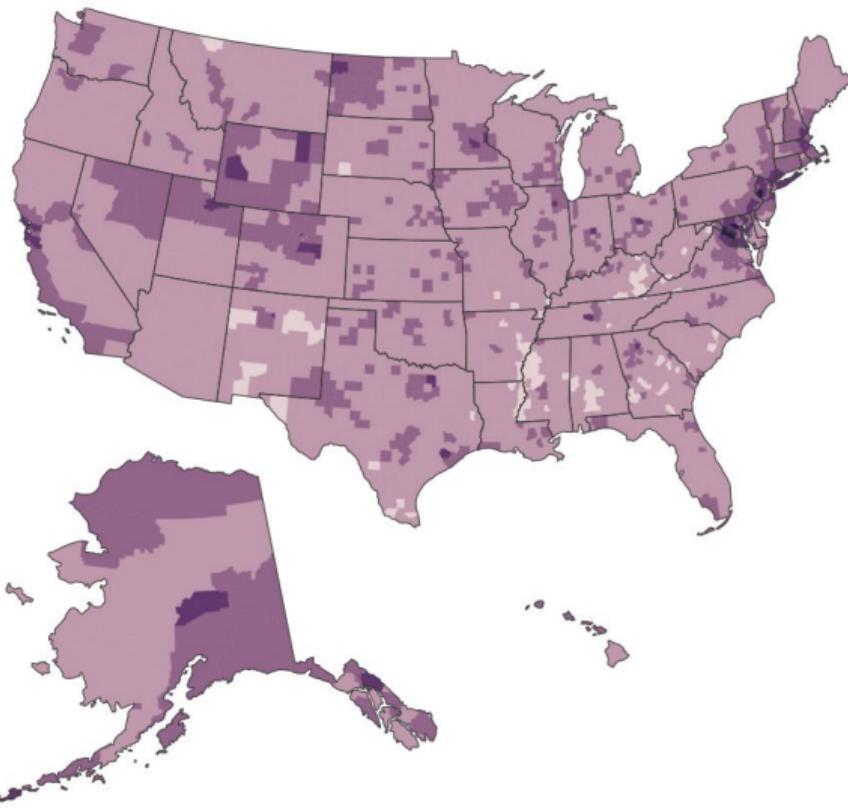


出所: Wilke (2019, Figure 15.13)

Sacred Heart, IDE

median income

- > \$105k
- \$85k to \$105k
- \$60k to \$85k
- \$30k to \$60k
- < \$30k



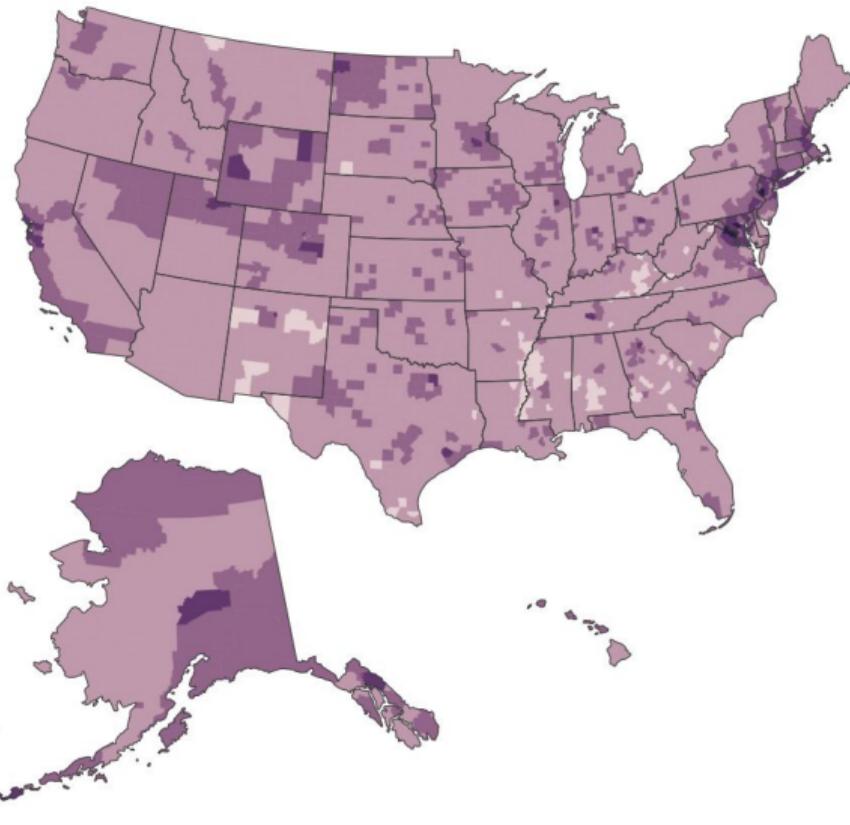
Choropleth: 地図上に分布を示す

出所: Wilke (2019, Figure 15.13)

Sacred Heart, IDE

median income

- > \$105k
- \$85k to \$105k
- \$60k to \$85k
- \$30k to \$60k
- < \$30k



Choropleth: 地図上に分布を示す

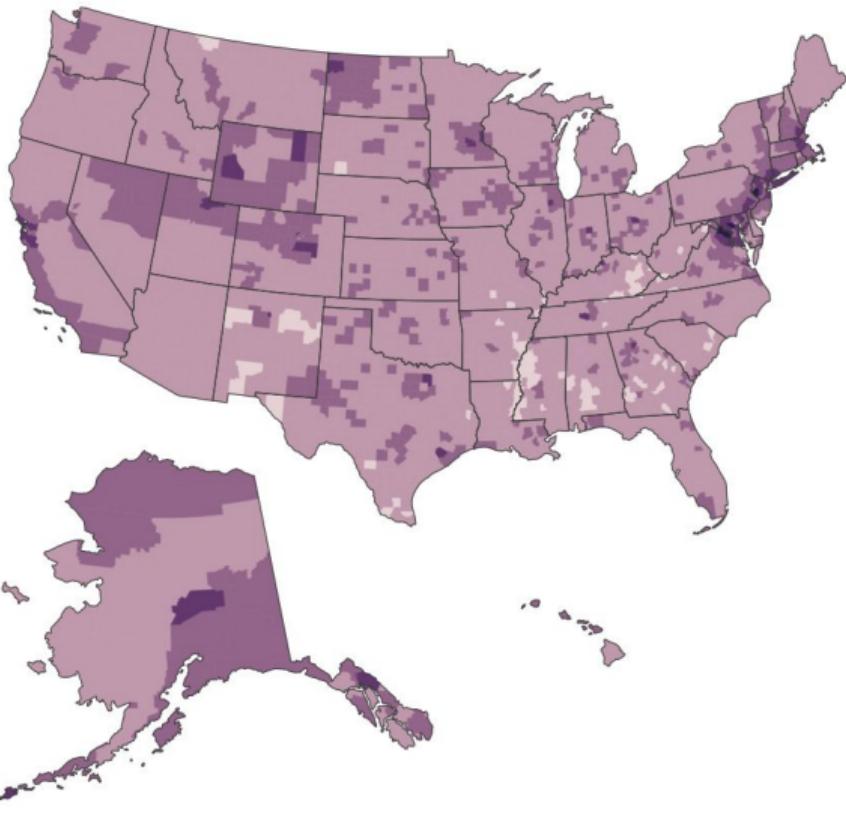
境界線で変化することを強調

出所: Wilke (2019, Figure 15.13)

Sacred Heart, IDE

median income

- > \$105k
- \$85k to \$105k
- \$60k to \$85k
- \$30k to \$60k
- < \$30k



Choropleth: 地図上に分布を示す

境界線で変化することを強調

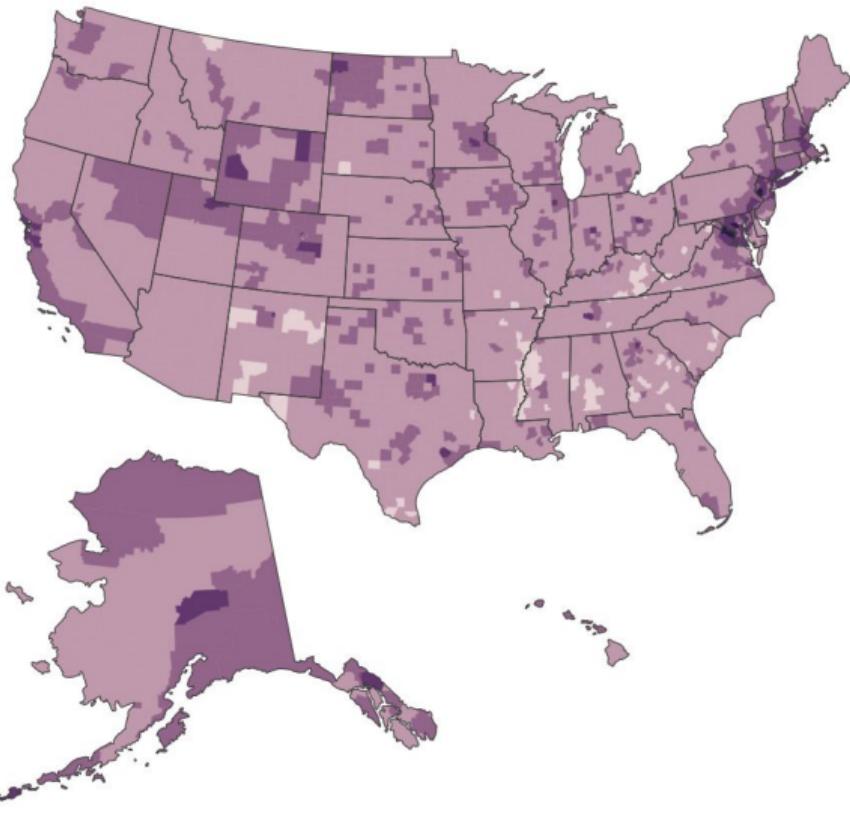
色彩を単調に変化させるべき

出所: Wilke (2019, Figure 15.13)

Sacred Heart, IDE

median income

- > \$105k
- \$85k to \$105k
- \$60k to \$85k
- \$30k to \$60k
- < \$30k



Choropleth: 地図上に分布を示す

境界線で変化することを強調

色彩を単調に変化させるべき

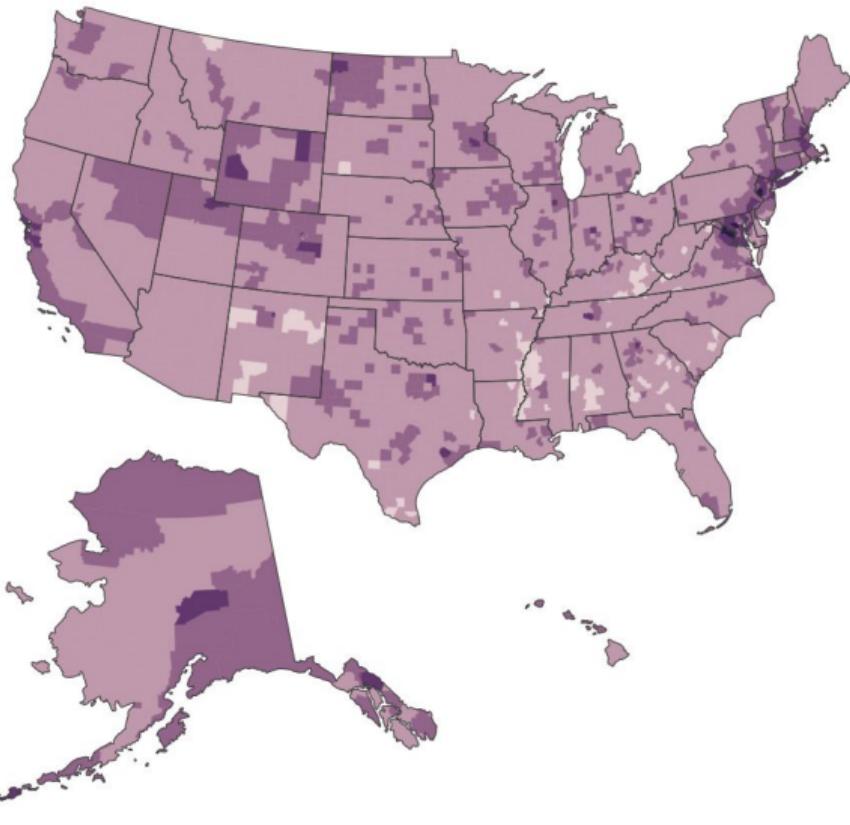
境界区分が粗すぎると傾向を誤って示す可能性がある

出所: Wilke (2019, Figure 15.13)

Sacred Heart, IDE

median income

- > \$105k
- \$85k to \$105k
- \$60k to \$85k
- \$30k to \$60k
- < \$30k



Choropleth: 地図上に分布を示す

境界線で変化することを強調

色彩を単調に変化させるべき

境界区分が粗すぎると傾向を誤って示す可能性がある

見る人が地図を熟知していると前提

出所: Wilke (2019, Figure 15.13)

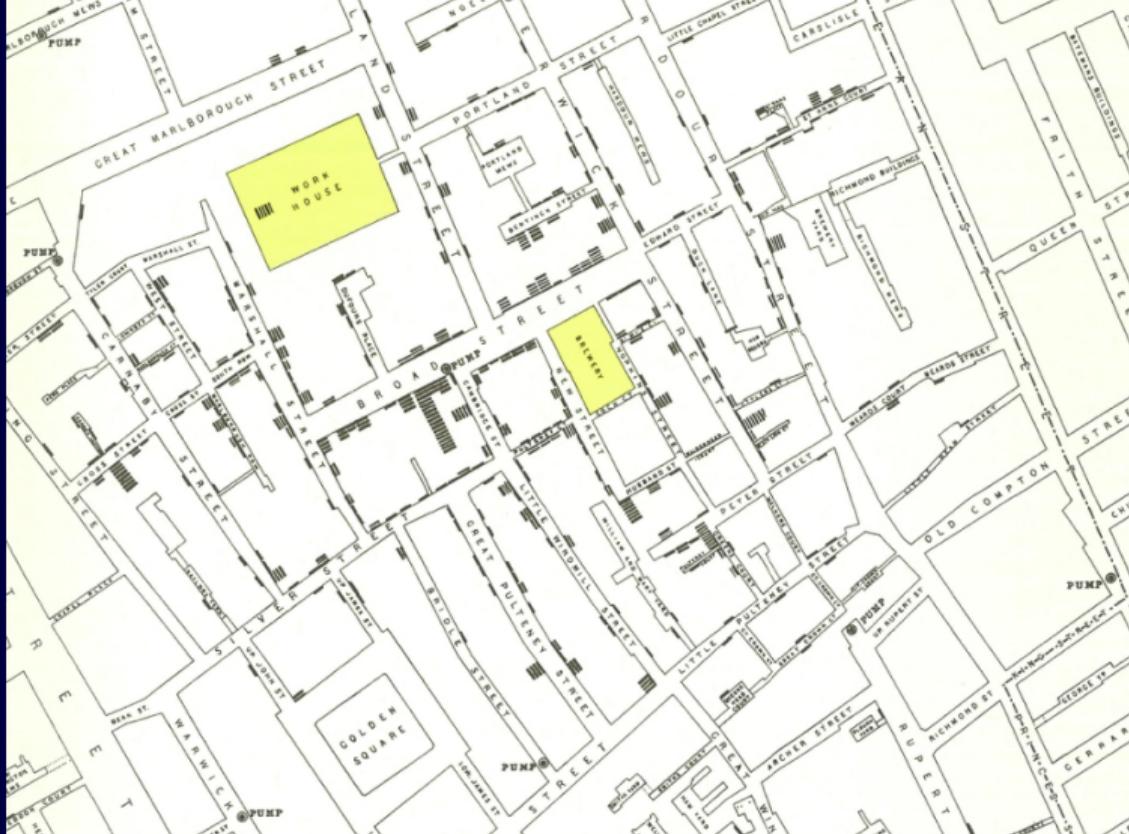
Sacred Heart, IDE

視覚化の実例

ジョン・スノウのロンドン・コレラ患者地図(1855年)



ジョン・スノウのロンドン・コレラ患者地図(1855年)



感染経路の仮説: 汚染水源 ⇒ コレラ発症

スノウの視覚化の長所 (Tufte, 1997)

スノウの視覚化の長所 (Tufte, 1997)

- ① 仮説検証に効果的な視覚化: 死亡記録(名前、日付、状況)を地図に投影

スノウの視覚化の長所 (Tufte, 1997)

- ① 仮説検証に効果的な視覚化: 死亡記録(名前、日付、状況)を地図に投影
- ② 数値で比較

スノウの視覚化の長所 (Tufte, 1997)

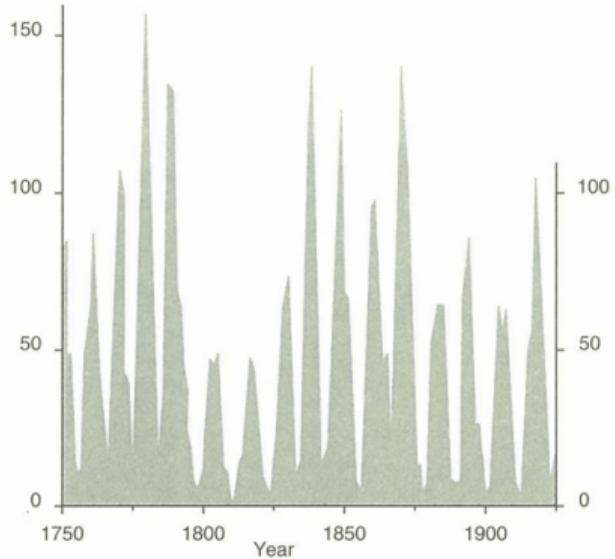
- ① 仮説検証に効果的な視覚化: 死亡記録(名前、日付、状況)を地図に投影
- ② 数値で比較
- ③ 反証試験 (falsification test): 統御群=工場とビール醸造所で患者数は少ないはず

スノウの視覚化の長所 (Tufte, 1997)

- ① 仮説検証に効果的な視覚化: 死亡記録(名前、日付、状況)を地図に投影
- ② 数値で比較
- ③ 反証試験 (falsification test): 統御群=工場とビール醸造所で患者数は少ないはず
- ④ 付録の文章でデータ間違いの可能性について解説

ウィリアム・クリーブランドの黒点 (Cleveland, 1994)

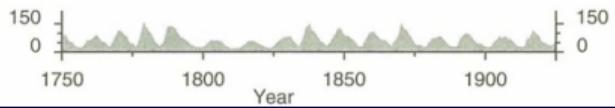
Number of sunspots each year, 1749–1924



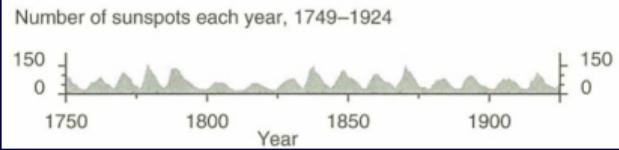
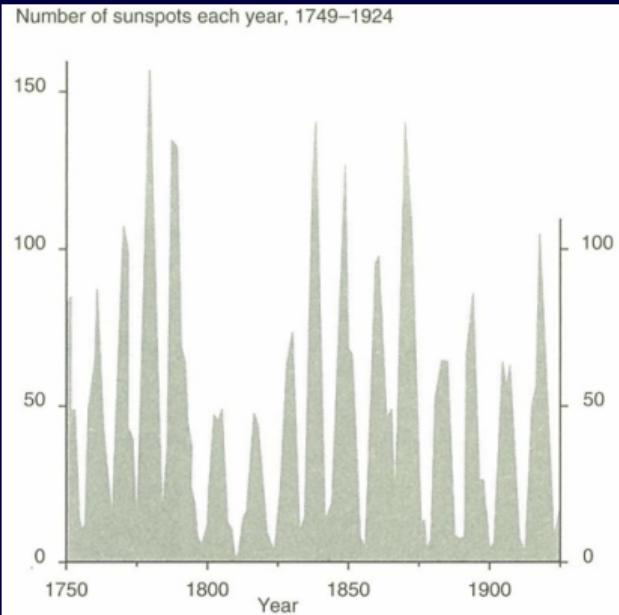
判読しやすいアスペクト比の選び方: 一部の傾きが 45 度になるように縦横の尺を選ぶ

クリーブランドの視覚化によって分かること
(Tuft, 1997)

Number of sunspots each year, 1749–1924



ウィリアム・クリーブランドの黒点 (Cleveland, 1994)



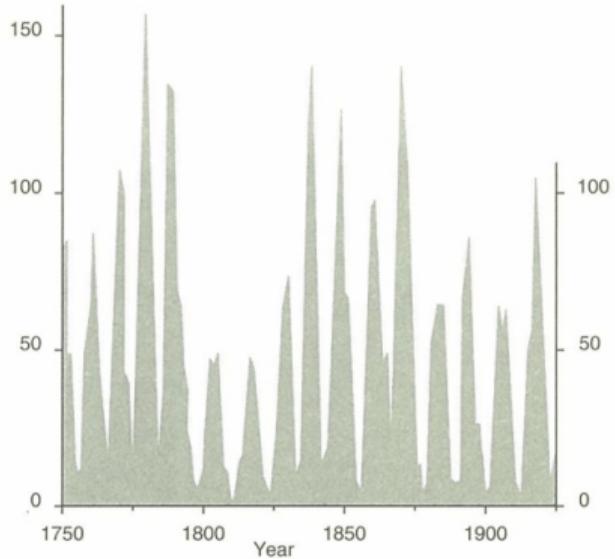
判読しやすいアスペクト比の選び方: 一部の傾きが 45 度になるように縦横の尺を選ぶ

クリーブランドの視覚化によって分かること (Tufte, 1997)

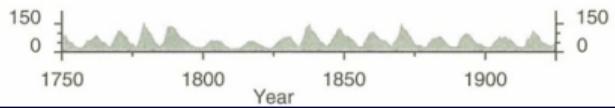
- ❶ 増減の非対称性: 増えるのは急だが減るのは緩慢

ウィリアム・クリーブランドの黒点 (Cleveland, 1994)

Number of sunspots each year, 1749–1924



Number of sunspots each year, 1749–1924



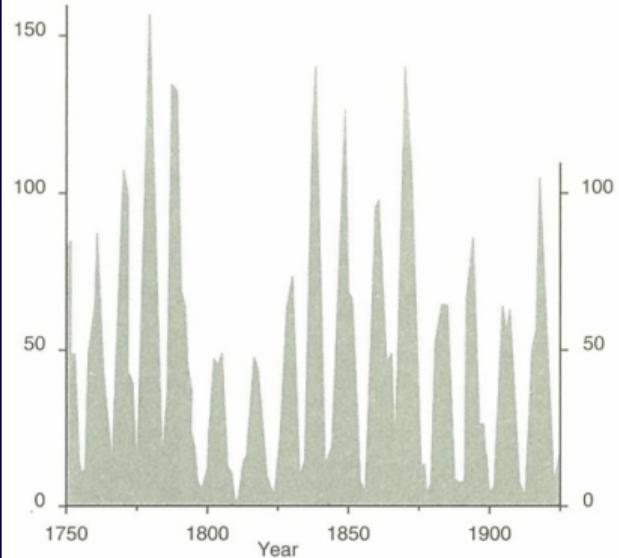
判読しやすいアスペクト比の選び方: 一部の傾きが 45 度になるように縦横の尺を選ぶ

クリーブランドの視覚化によって分かること
(Tufte, 1997)

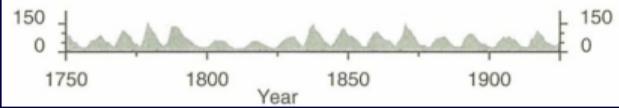
- ① 増減の非対称性: 増えるのは急だが減るのは緩慢
- ② 非対称性はピークが高いほど強調されること

ウィリアム・クリーブランドの黒点 (Cleveland, 1994)

Number of sunspots each year, 1749–1924



Number of sunspots each year, 1749–1924



判読しやすいアスペクト比の選び方: 一部の傾きが 45 度になるように縦横の尺を選ぶ

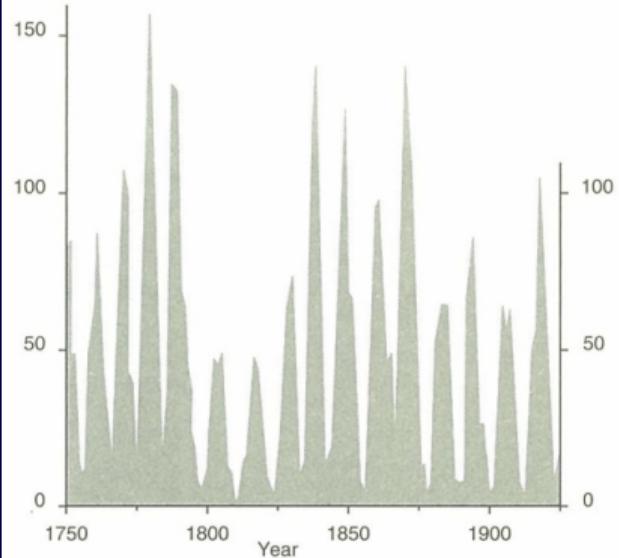
クリーブランドの視覚化によって分かること
(Tufte, 1997)

- ① 増減の非対称性: 増えるのは急だが減るのは緩慢
- ② 非対称性はピークが高いほど強調されること

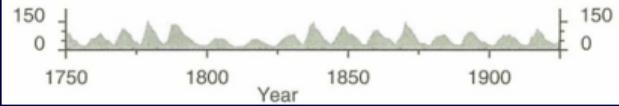
一部の傾きを 45 度にすることで、急か緩慢か見やすくなる

ウィリアム・クリーブランドの黒点 (Cleveland, 1994)

Number of sunspots each year, 1749–1924



Number of sunspots each year, 1749–1924



判読しやすいアスペクト比の選び方: 一部の傾きが 45 度になるように縦横の尺を選ぶ

クリーブランドの視覚化によって分かること
(Tufte, 1997)

- ① 増減の非対称性: 増えるのは急だが減るのは緩慢
- ② 非対称性はピークが高いほど強調されること

一部の傾きを 45 度にすることで、急か緩慢か見やすくなる

45 度は目測でも正確に判断できるらしい...

ベンジャミン・モリスによるステフ・カリーのシート (Morris, 2015)

ベンジャミン・モリスによるステフ・カリーのシュート (Morris, 2015)

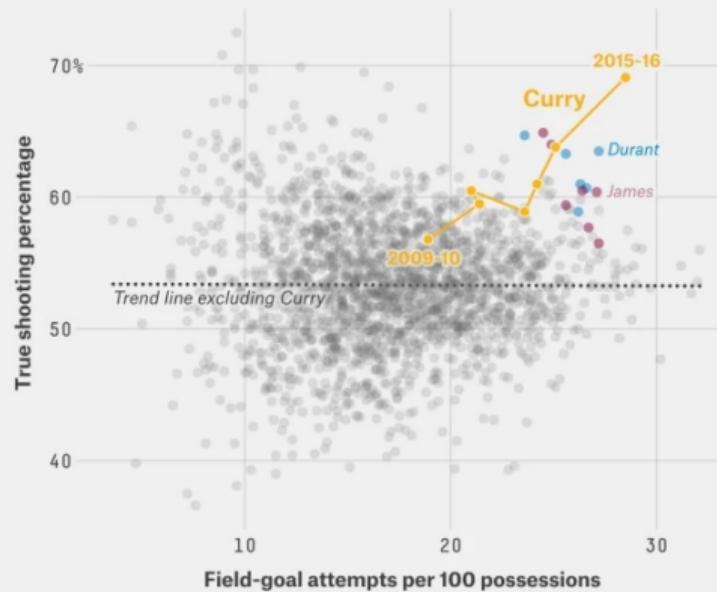


Keith Allison

ベンジャミン・モリスによるステフ・カリーのシュート (Morris, 2015)

You Can Never Have Too Much Curry

True shooting percentage vs. FG attempts per 100 possessions for each season, by player; 2009-10 through Nov. 29, 2015



Players with at least 1,000 possessions played in a season

FIVETHIRTYEIGHT

SOURCE: BASKETBALL-REFERENCE.COM

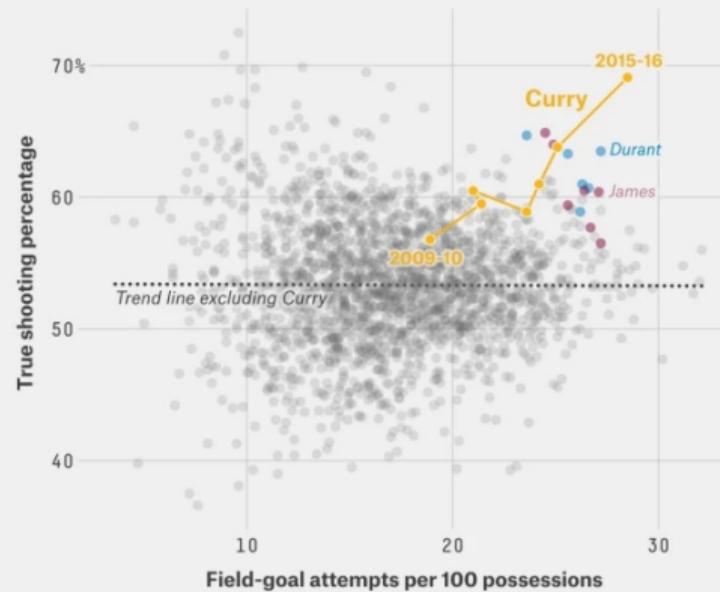


Keith Allison

ベンジャミン・モリスによるステフ・カリーのシュート (Morris, 2015)

You Can Never Have Too Much Curry

True shooting percentage vs. FG attempts per 100 possessions for each season, by player; 2009-10 through Nov. 29, 2015



Players with at least 1,000 possessions played in a season

FIVETHIRTYEIGHT

SOURCE: BASKETBALL-REFERENCE.COM

Keith Allison
CC BY-SA

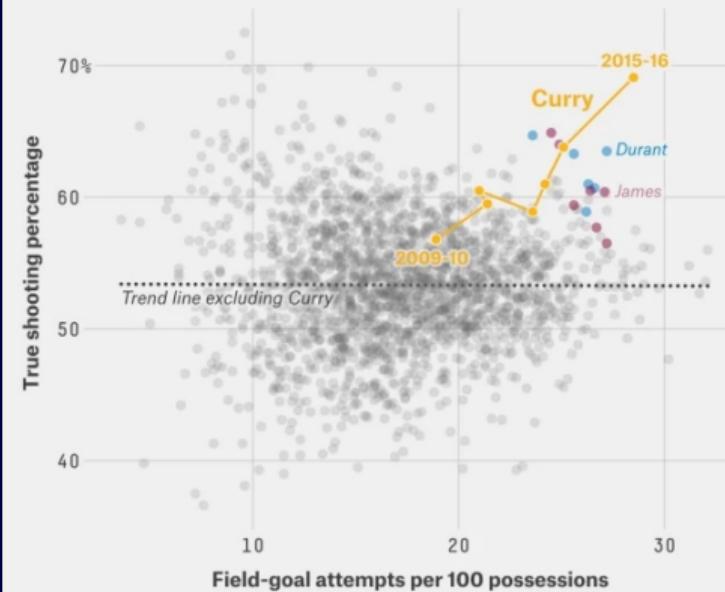
両軸は数値、時間の変化を線でつないで表現



ベンジャミン・モリスによるステフ・カリーのシュート (Morris, 2015)

You Can Never Have Too Much Curry

True shooting percentage vs. FG attempts per 100 possessions for each season, by player; 2009-10 through Nov. 29, 2015



Players with at least 1,000 possessions played in a season

FIVETHIRTYEIGHT

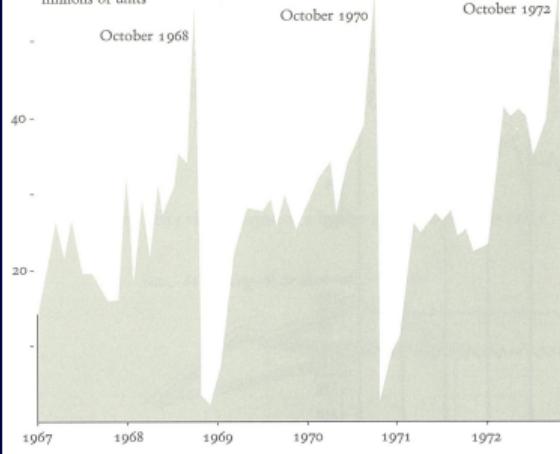
SOURCE: BASKETBALL-REFERENCE.COM

Keith Allison
CC BY SA

両軸は数値、時間の変化を線でつないで表現
Ito (IDE, Sacred Heart)



60 - Monthly outgoing
mail workload,
millions of units



The graphic is worth at least 700 words, the number used in a news report describing how incumbent representatives exploit their free mailing privileges to advance their re-election campaigns:

FRANKED MAIL TIE TO VOTING SHOWN

Testimony Finds Volume
Rises Before Elections

WASHINGTON, June 1 (AP)— New court testimony and documents show that the mail Congress sends at taxpayer expense is fed directly by the political ambitions of Senate and House members.

According to mail records in a suit in a federal court,

Senate Republicans put two congressional experts on the payroll to prepare mail to voters. It nearly violates any law or regulation, since Congress itself has the right to send official mail to voters.

One congressional preparation for Senate Democrats refers to newsletters as a "free forum" and sets up a timetable

for sending them as an integral part of a model re-election campaign. Senator John G. Tower, Republican of Texas, mailed more than 100,000 pieces of franked letters at taxpayer expense as part of his 1972 re-election campaign. The letters included volunteer offers and donations in response.

Senators Jacobs K. Javits, Republican of New York, gave written approval in 1973 to a plan to mail 100,000 pieces to better his image and pay off at the polls. He focused on the Senate's role in electing a president.

"The volume of 'official' Congress mail rises before election years and peaks just before the general elections,"

according to mail rises before election years and peaks just before the general elections,"

Mr. Udall urged a 60-day pre-election cutoff for mass mailing of franked letters. Instead, since Congress gave itself the right to send official mail to voters,

Government experts at the time of the 1972 election year were asked to send a letter to all voters in Pennsylvania, to send a franked newsletter to his old constituents after he had left office, and to seek to regain his old post.

Practices Documented

Selden has the political mail records well documented as in recent testimony and documents filed with him what out-of-office franking was done by Senator Udall, the lobby group, which is said to be an end to tax-free franking programs by Congress.

In 1972, Congress passed a law requiring most franked mailings within 28 days before an election. The sponsor of the legislation, Representative Morris K. Udall, Democrat of Arizona, said it was to prevent further changes were needed to curtail political abuse of the system.

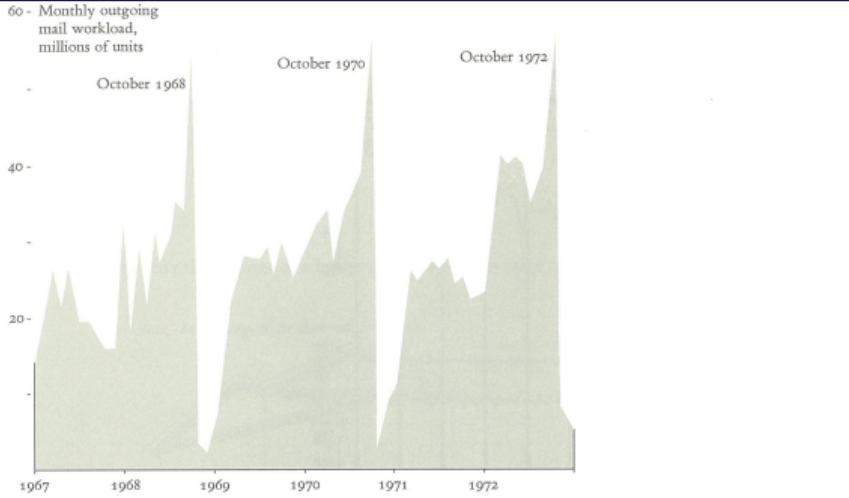
Senators using franked mail for their campaigns have been forced to make further changes. The purpose of such a program is to get the recipient of the mail to identify persons with whom they have taken a bill you have introduced; or a bill you have introduced; the kind of identification that the public can make at the polls on election day," Mr. McGregor said.

Lawmakers have run out of the country and could not be reached. Mr. administrator, Mr. McGregor, demanded the use of franked mail.

"It is a standard device to let voters, not writers but citizens, know what the Senator is doing here in Washington," Mr. Skiles said.

Post Office figures show that in the most recent year, November 1973, Congress sent 323.9 million franked pieces of mail. But in the 12 months preceding the election season of 1974, Congress sent 375.1 million pieces, or 17 per cent about what's happening," Mr. Skiles said.

線グラフ=新聞記事 700 単語分の情報



The graphic is worth at least 700 words, the number used in a news report describing how incumbent representatives exploit their free mailing privileges to advance their re-election campaigns:

FRANKED MAIL TIE TO VOTING SHOWN

Testimony Finds Mail Rises Before Elections

WASHINGTON, June 1 (AP)—New court testimony and documents show that the mail Congress sends at taxpayer expense is fed directly by the political ambitions of Senate and House members.

According to mail records, in a month in a federal court:

- Senate Republicans put two congressional experts on the payroll to prepare bills that would better fit the general needs of voters.
- Now, this activity necessarily violates any law or regulation, since Congress itself has the right to send official mail.

One congressional preparation prepared for Senate Democrats refers to newsletters as a "free forum" and sets up a timetable

for sending them as an integral part of a model re-election campaign.

Senator John G. Tower, Republican of Texas, mailed more than 100,000 pieces of franked letters at taxpayer expense as part of his 1972 re-election campaign. The letters included volunteer offers and donations in response.

Rep. George K. Jenkins, Republican of New York, gave written approval in 1972 to a Senate committee that planned to better his image and play off at the polls. He focused on the mail sent to the 1972 named voters.

"The volume of 'official' congressional mail rises before election years and peaks during the general elections," he said.

Mr. Udall urged a 60-day pre-election cutoff for mass mailing of franked letters. However, since Congress gave itself the right to send official mail, Congress gave itself the right to send official mail.

Governmental expense at the

founding of the republic, and only Congress polices against abuse of the privilege, he said.

Corporations of political use of the free-mailing privilege, however, are not required to file returns every election year. Recently, however, the volume of franked mail has been multiplied. A new Federal law will limit what out-of-office franking can speed the mail.

In 1972, Congress passed a bill that would allow franked mailings within 28 days before an election. The sponsor was Rep. Morris K. Udall, Democrat of Arizona, who said additional changes were needed to curtail political abuse of the privilege.

Senators using franked mail for campaign purposes have faced further charges of abuse.

"The purpose of such a proposal is to stop the practice of Senators using franked mail to get re-elected," she said.

For example, Joyce D. Baker, a Senate mail administrator, proposed in a 1973 job proposal that she wanted to set up direct identification of voters. She said at the time that "the problem is that at the polls on election day" Mr. MacGregor said.

Mr. Udall, in one of the country and could not be reached. His administrative assistant, Edwin Skiles, said, "I don't know if the franked mail in 1972 was withdrawn because it exceeded the free-mailing privileges."

Post Office Service figures show that in the most recent fiscal year, 1973, Congress sent 323.9 million franked pieces of mail. But in the 12 months, ending in the election season of 1974, Congress sent 350.1 million, or 8.7 per cent about what's happening," Mr. Skiles said.

チェック項目と推奨する原則 (Tufte, 2001)

チェック項目と推奨する原則 (Tufte, 2001)

嘘比率 lie factor 図での大きさ / 数値の大きさ。数値を図で誇張・矮小化している比率。1でなければならぬ。

チェック項目と推奨する原則 (Tufte, 2001)

嘘比率 lie factor 図での大きさ / 数値の大きさ。数値を図で誇張・矮小化している比率。1でなければならぬ。

データ・インク比率 data-ink ratio 全ての線や模様のなかでデータの占める比率。合理的範囲で高めるべし。

チェック項目と推奨する原則 (Tufte, 2001)

嘘比率 lie factor 図での大きさ / 数値の大きさ。数値を図で誇張・矮小化している比率。1でなければならない。

データ・インク比率 data-ink ratio 全ての線や模様のなかでデータの占める比率。合理的範囲で高めるべし。

非データ・インク比率 nondata-ink ratio 全ての線や模様のなかでデータ以外の占める比率。1-データ・インク比率。チャート・ジャンク。合理的範囲で減らすべし。

チェック項目と推奨する原則 (Tufte, 2001)

嘘比率 lie factor 図での大きさ / 数値の大きさ。数値を図で誇張・矮小化している比率。1でなければならない。

データ・インク比率 data-ink ratio 全ての線や模様のなかでデータの占める比率。合理的範囲で高めるべし。

非データ・インク比率 nondata-ink ratio 全ての線や模様のなかでデータ以外の占める比率。1-データ・インク比率。チャート・ジャンク。合理的範囲で減らすべし。

冗長なデータ・インク redundant data-ink ratio 全ての線や模様で同じ情報が重複している比率。減らすべし。

チェック項目と推奨する原則 (Tufte, 2001)

嘘比率 lie factor 図での大きさ / 数値の大きさ。数値を図で誇張・矮小化している比率。1でなければならない。

データ・インク比率 data-ink ratio 全ての線や模様のなかでデータの占める比率。合理的範囲で高めるべし。

非データ・インク比率 nondata-ink ratio 全ての線や模様のなかでデータ以外の占める比率。1-データ・インク比率。チャート・ジャンク。合理的範囲で減らすべし。

冗長なデータ・インク redundant data-ink ratio 全ての線や模様で同じ情報が重複している比率。減らすべし。

デザイン変更 design variation 一部だけデザインを変えて誇張・矮小化すること。やってはいけない。

チェック項目と推奨する原則 (Tufte, 2001)

嘘比率 lie factor 図での大きさ / 数値の大きさ。数値を図で誇張・矮小化している比率。1でなければならない。

データ・インク比率 data-ink ratio 全ての線や模様のなかでデータの占める比率。合理的範囲で高めるべし。

非データ・インク比率 nondata-ink ratio 全ての線や模様のなかでデータ以外の占める比率。1-データ・インク比率。チャート・ジャンク。合理的範囲で減らすべし。

冗長なデータ・インク redundant data-ink ratio 全ての線や模様で同じ情報が重複している比率。減らすべし。

デザイン変更 design variation 一部だけデザインを変えて誇張・矮小化すること。やってはいけない。

図の次元 graphical dimensions 面積 (2)、体積 (3)。データの次元に合わせるべし。

チェック項目と推奨する原則 (Tufte, 2001)

嘘比率 lie factor 図での大きさ / 数値の大きさ。数値を図で誇張・矮小化している比率。1でなければならぬ。

データ・インク比率 data-ink ratio 全ての線や模様のなかでデータの占める比率。合理的範囲で高めるべし。

非データ・インク比率 nondata-ink ratio 全ての線や模様のなかでデータ以外の占める比率。1-データ・インク比率。チャート・ジャンク。合理的範囲で減らすべし。

冗長なデータ・インク redundant data-ink ratio 全ての線や模様で同じ情報が重複している比率。減らすべし。

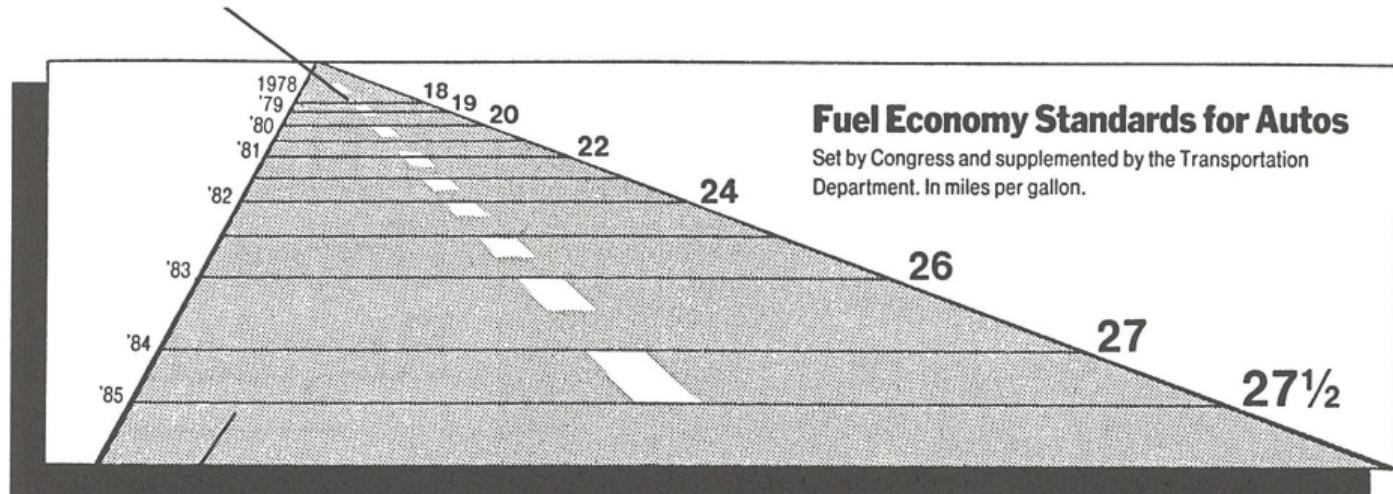
デザイン変更 design variation 一部だけデザインを変えて誇張・矮小化すること。やってはいけない。

図の次元 graphical dimensions 面積 (2)、体積 (3)。データの次元に合わせるべし。

データ密度 data density 面積当たりデータ表示の比率。図を縮小することで多くの図を詰め込むべし。

燃費規制 (は厳しすぎる、と主張したい): NY Times (1978Aug9)

This line, representing 18 miles per gallon in 1978, is 0.6 inches long.



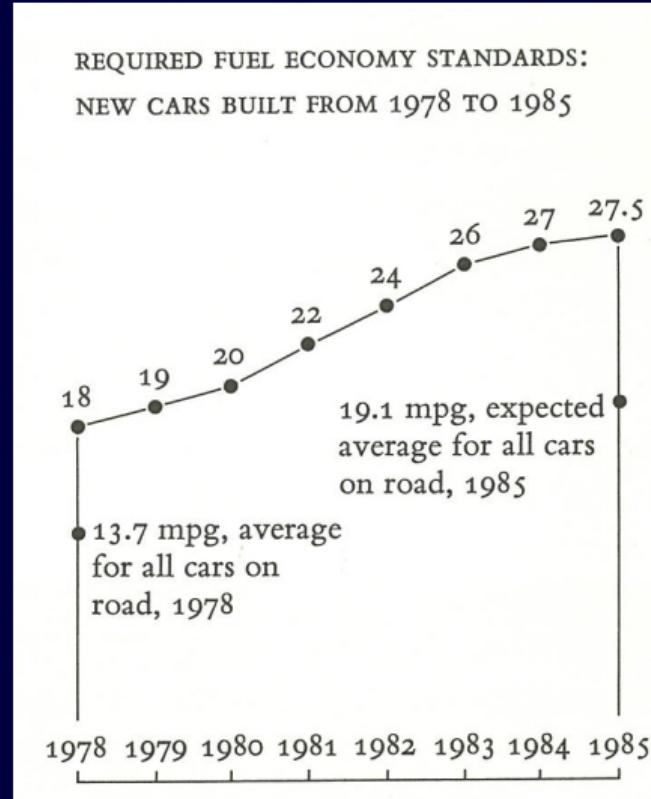
This line, representing 27.5 miles per gallon in 1985, is 5.3 inches long.

New York Times, August 9, 1978, D-2.

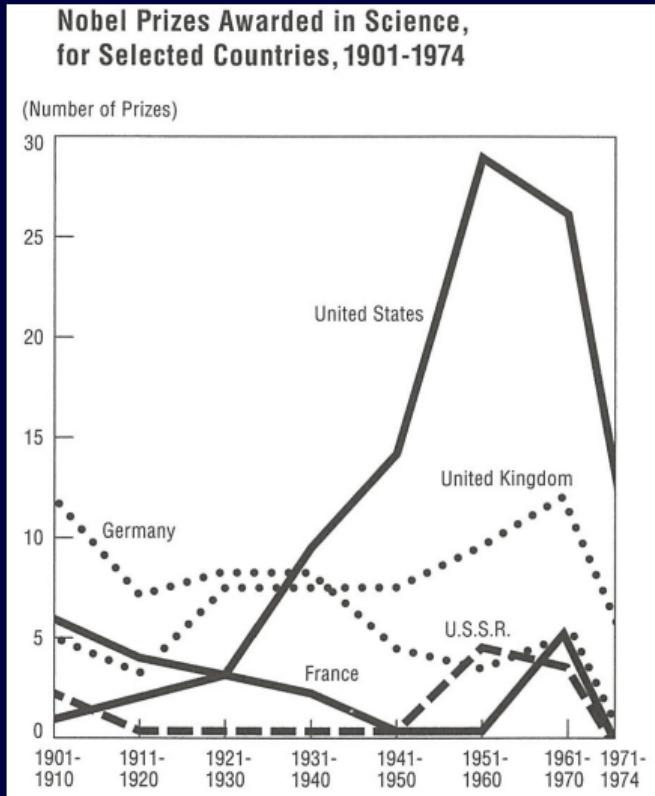
$$\text{嘘比率} = \frac{\frac{5.3 - .6}{.6}}{\frac{27.5 - 18}{18}} = \frac{783\%}{53\%} = 14.3$$

Sacred Heart, IDE

燃費規制について嘘を見せなくて良い

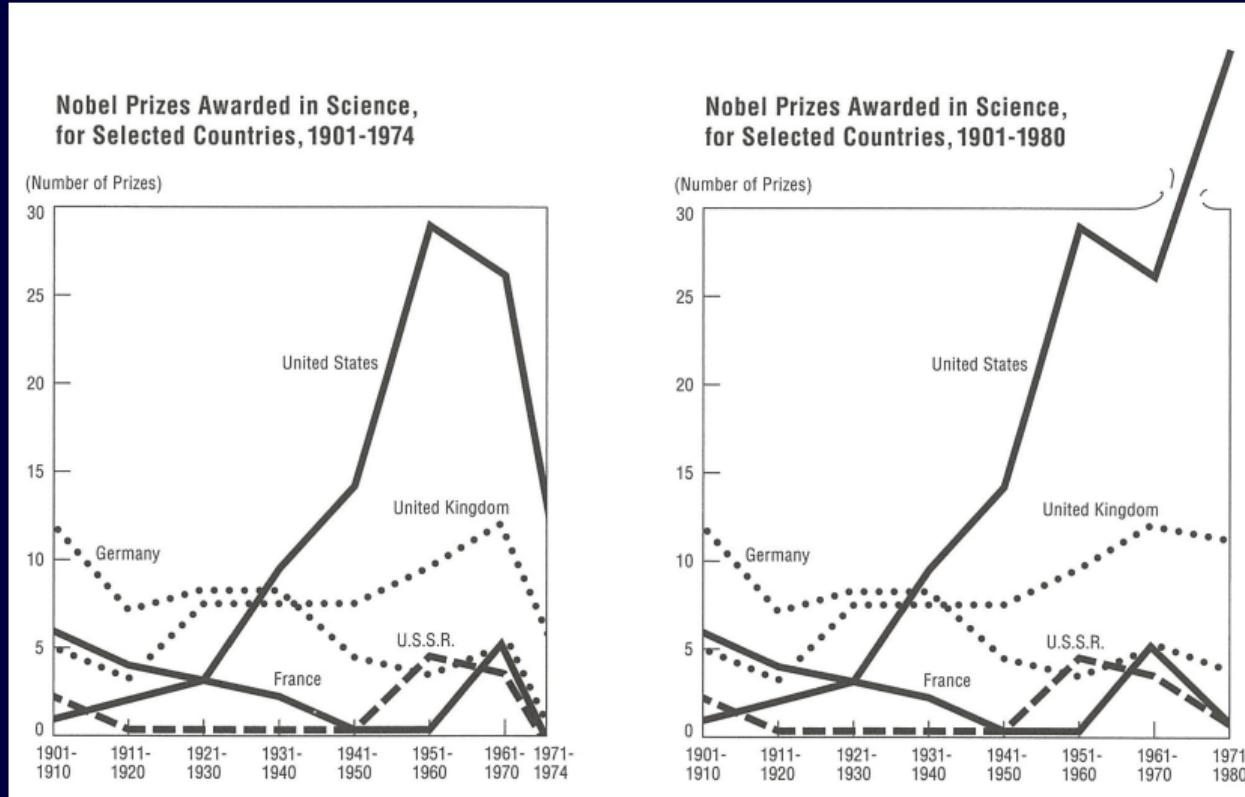


アメリカの科学が(このままでは危機、と主張したい): 国立科学財団 NSF



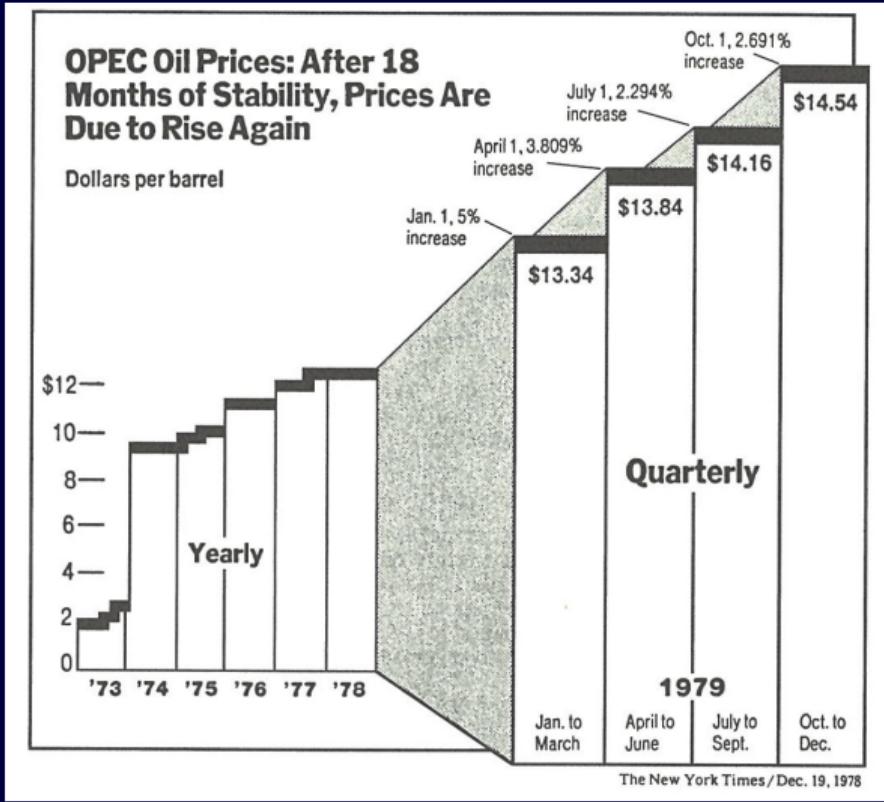
デザイン変更: 1970 年代だけ前半 5 年間のみ

NSFが嘘を見せなくて良い



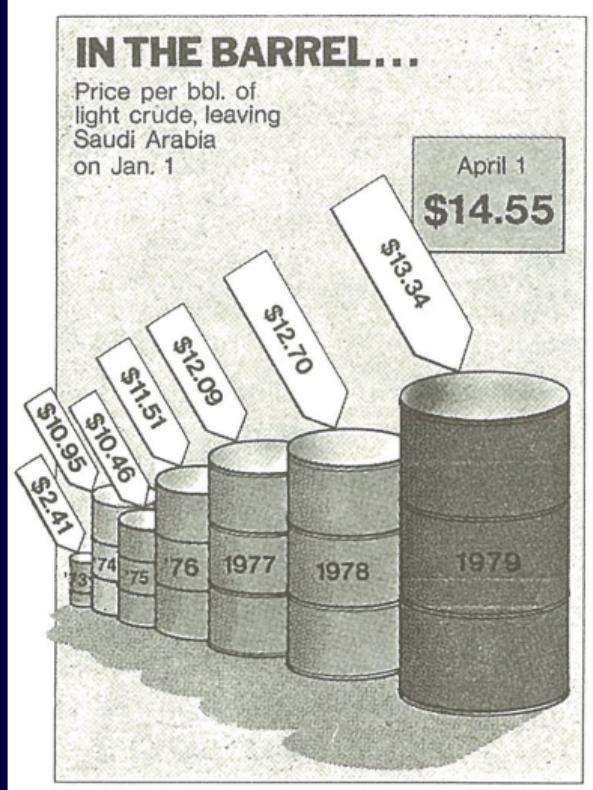
デザインを変更しないと天井知らず

石油価格が(高すぎる、と主張したい): NY Times (1978Dec19)



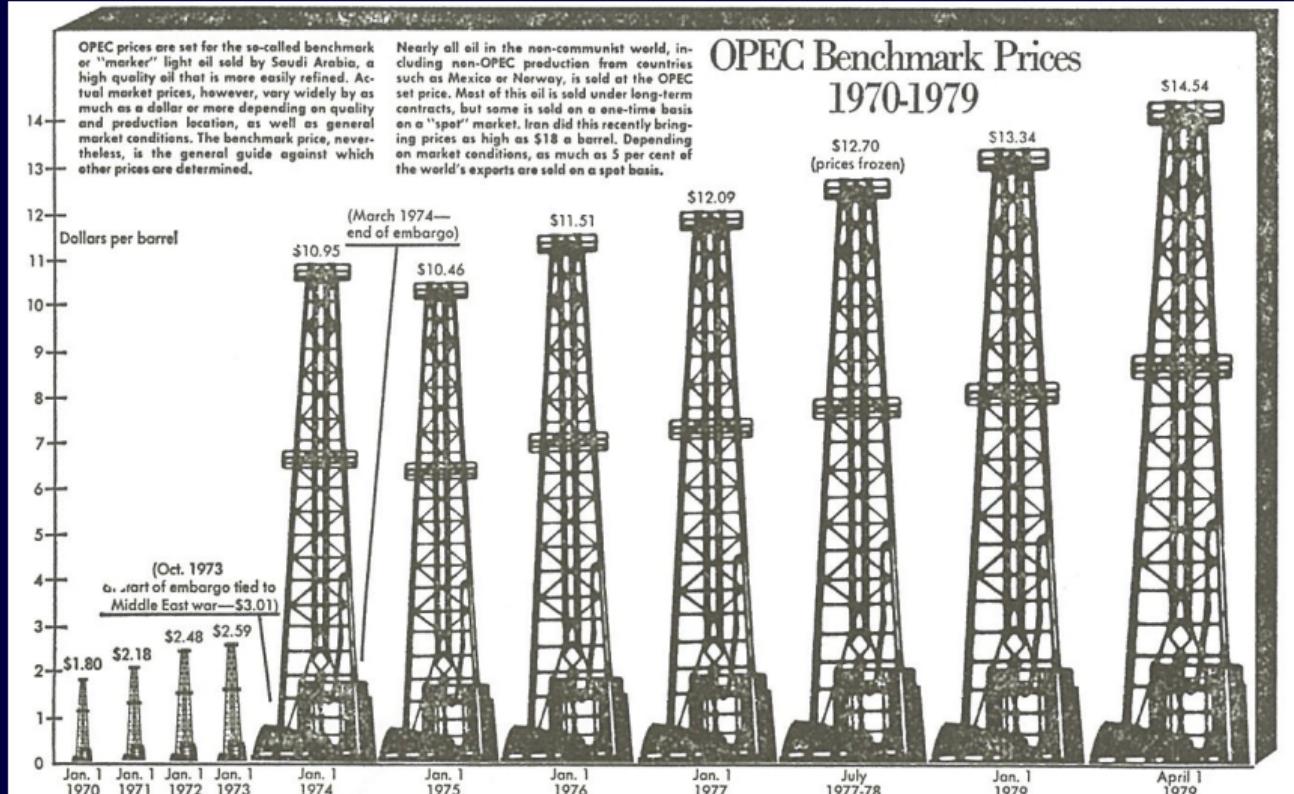
前に出過ぎ

石油価格が(高すぎる、と主張したい): Time Magazine (1979Apr9)



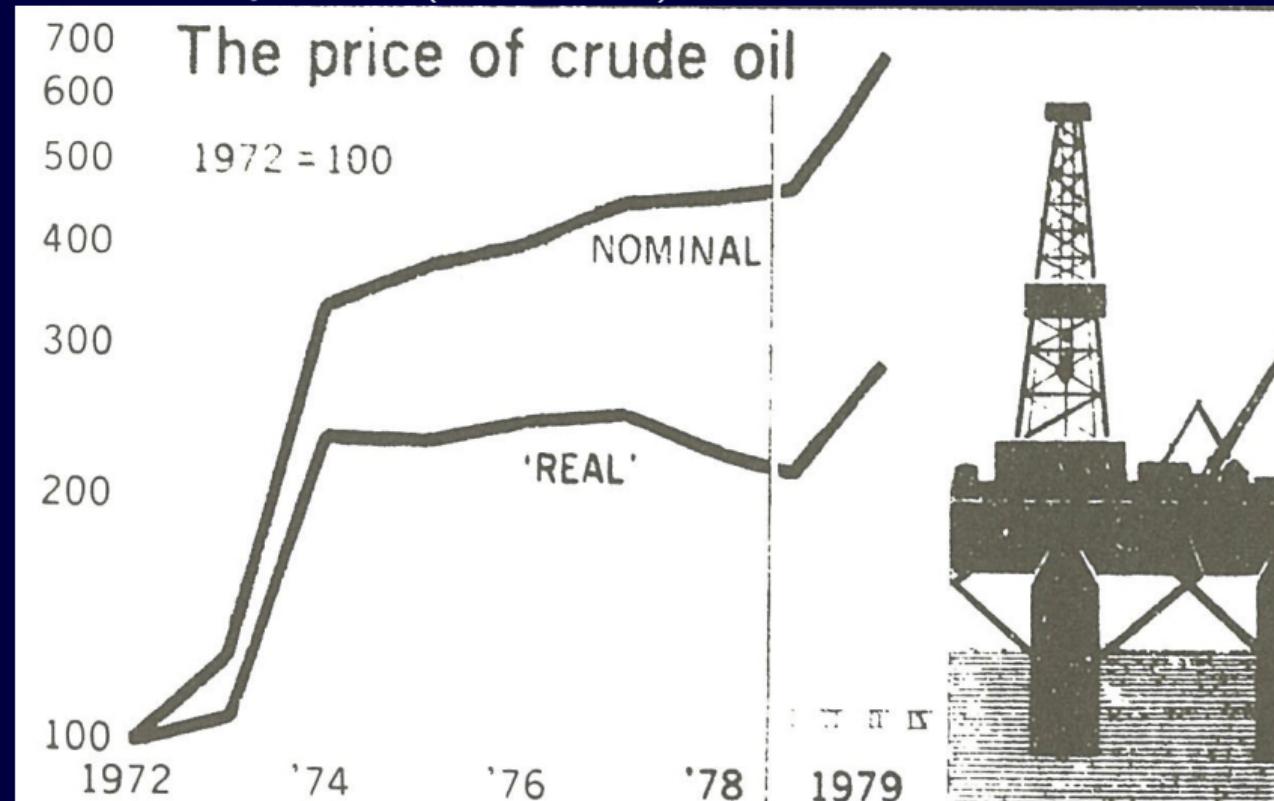
嘘比率 = $\frac{6700\%}{708\%} = 9.5$ 、チャートジャンク、図の次元がデータ次元の 3 倍

石油価格が(高すぎる、と主張したい): Washington Post (1979Mar28)

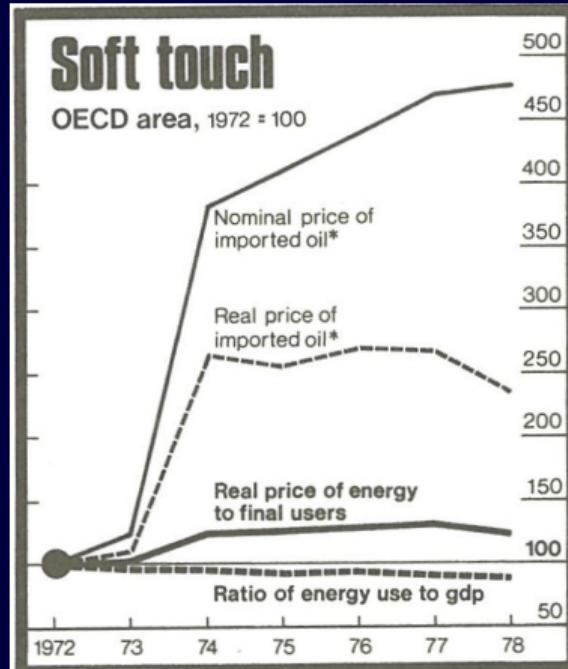


嘘比率高い、チャートジャンク多過ぎ

真っ当な図: Sunday Times (1979Dec16)

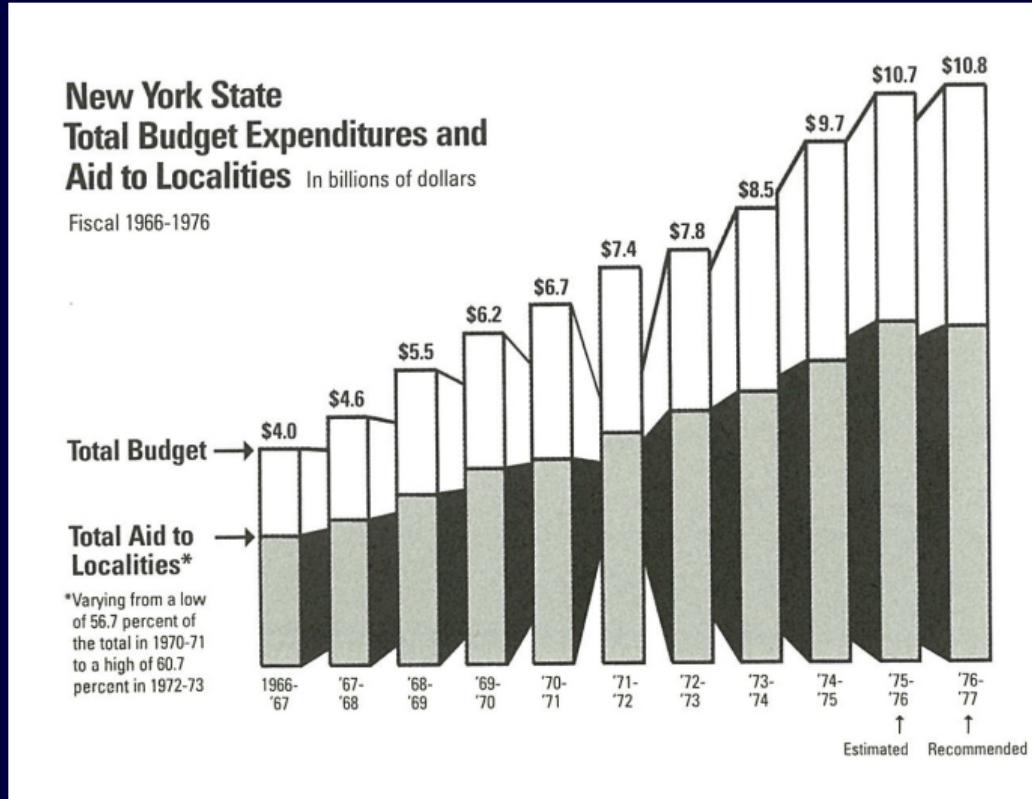


真っ当な図: Economist (1979Dec29)

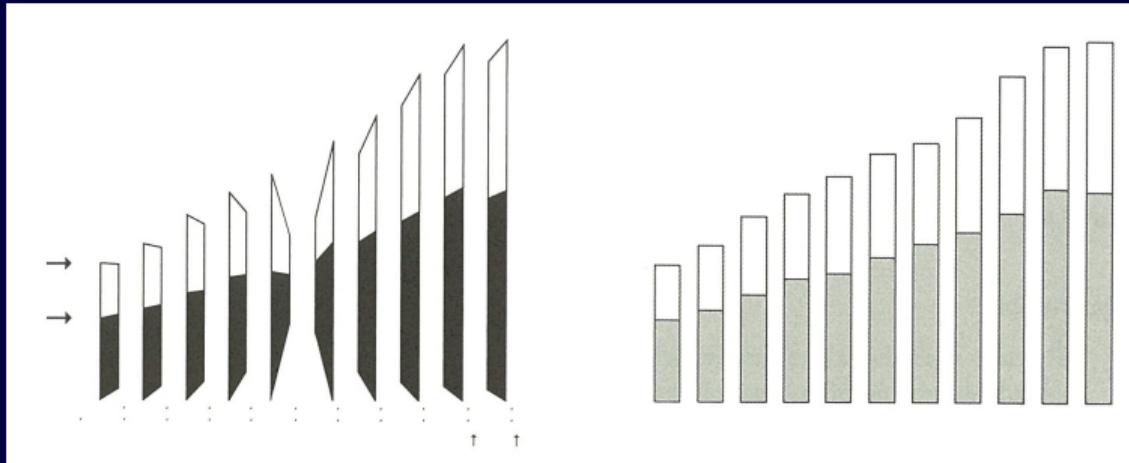


The Economist, December 29, 1979, 41.

州財政支出が自治体への補助金で(このままでは危機、と主張したい)

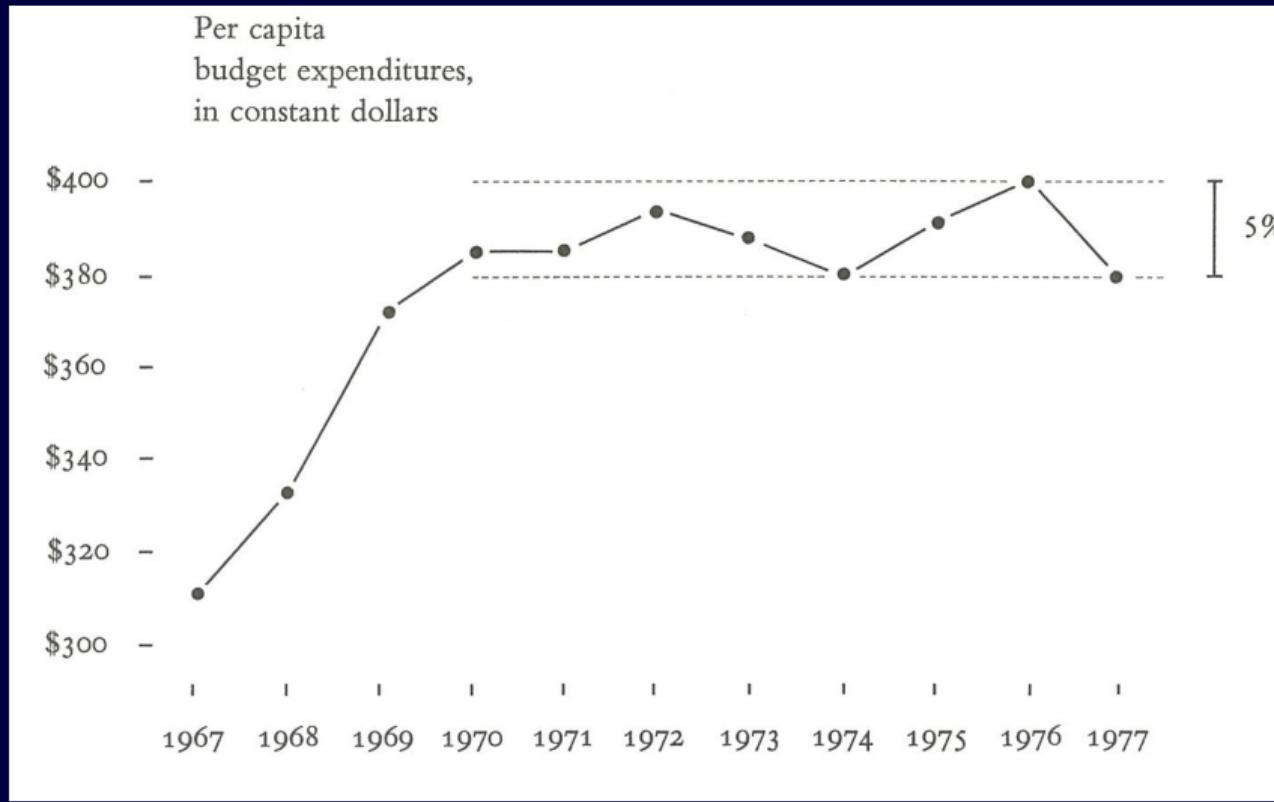


chartjunk を削る

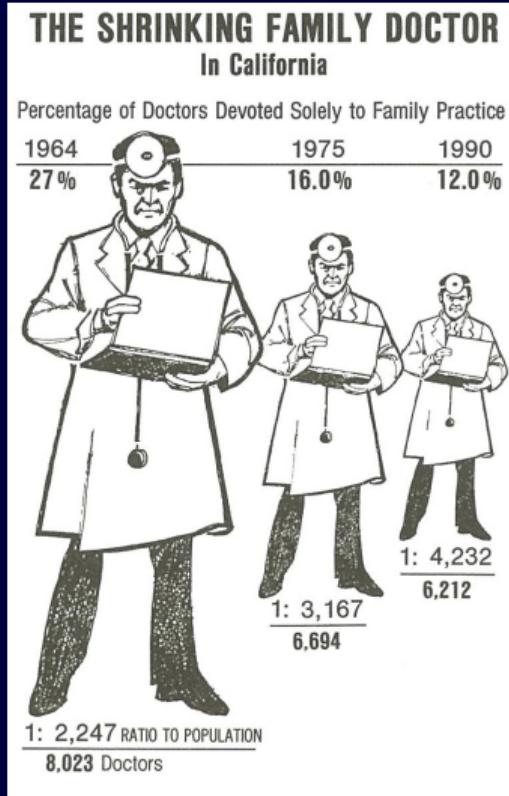


落ち着いてデータだけ見ることができる

分母を揃える



GPが減っている(このままでは危機、と主張したい): LA Times (1979Aug5)



1964年から1990年で人口比は0.53倍、医者人形の面積は0.26倍、図の次元がデータ次元の2倍

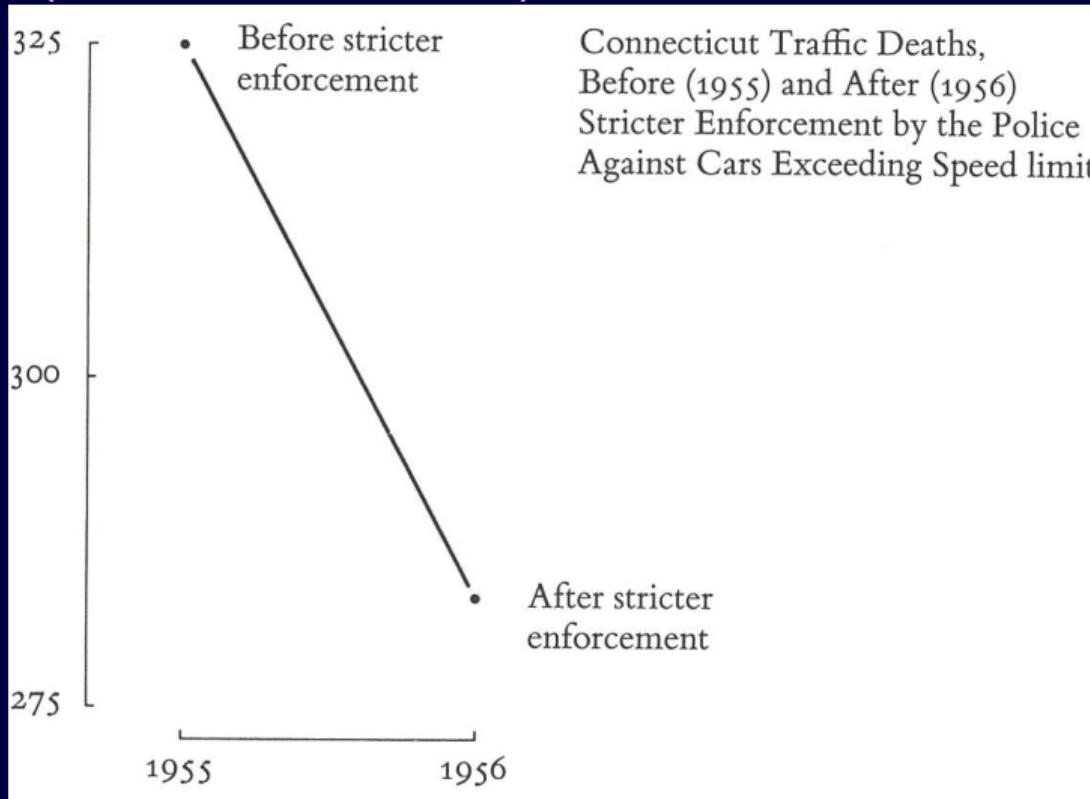
Sacred Heart, IDE

近年も共産主義が優越(と主張したい): Pravda (1982May24)

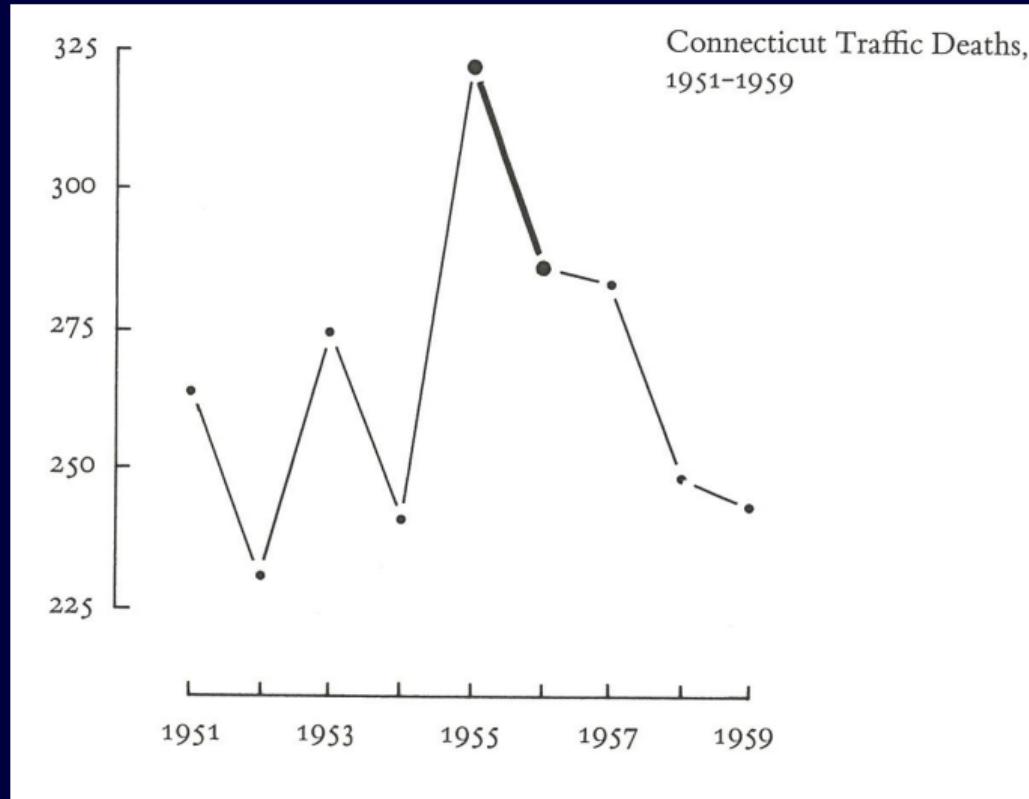


逆に懐かしい感じがする... 面積だけでなく期間もばらばら

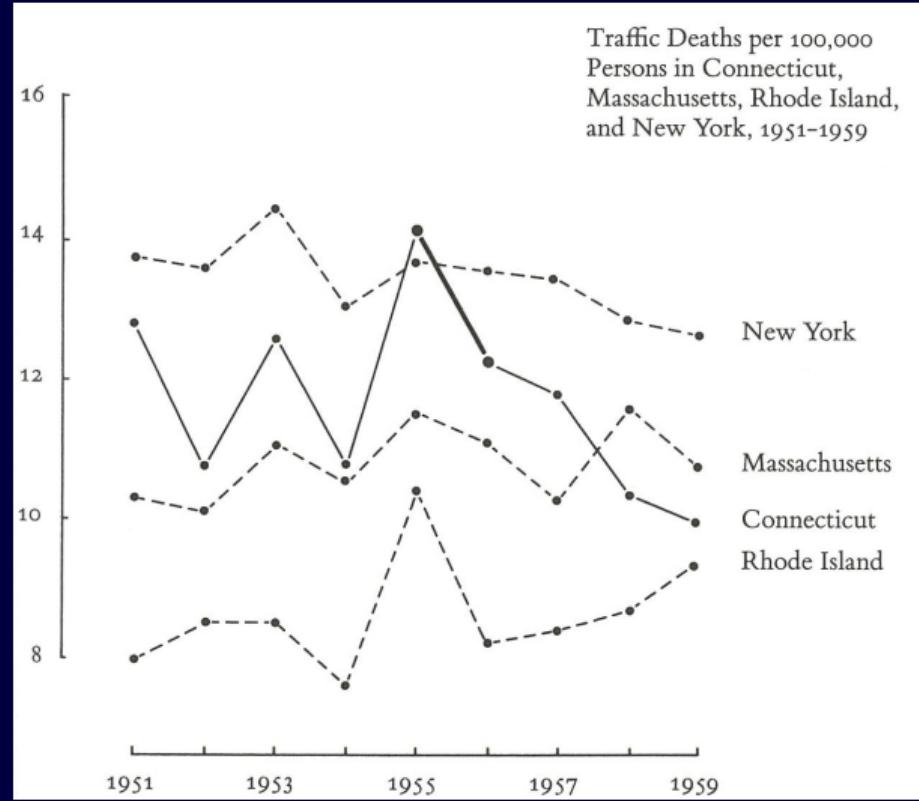
厳罰の効果(あった、と主張したい)



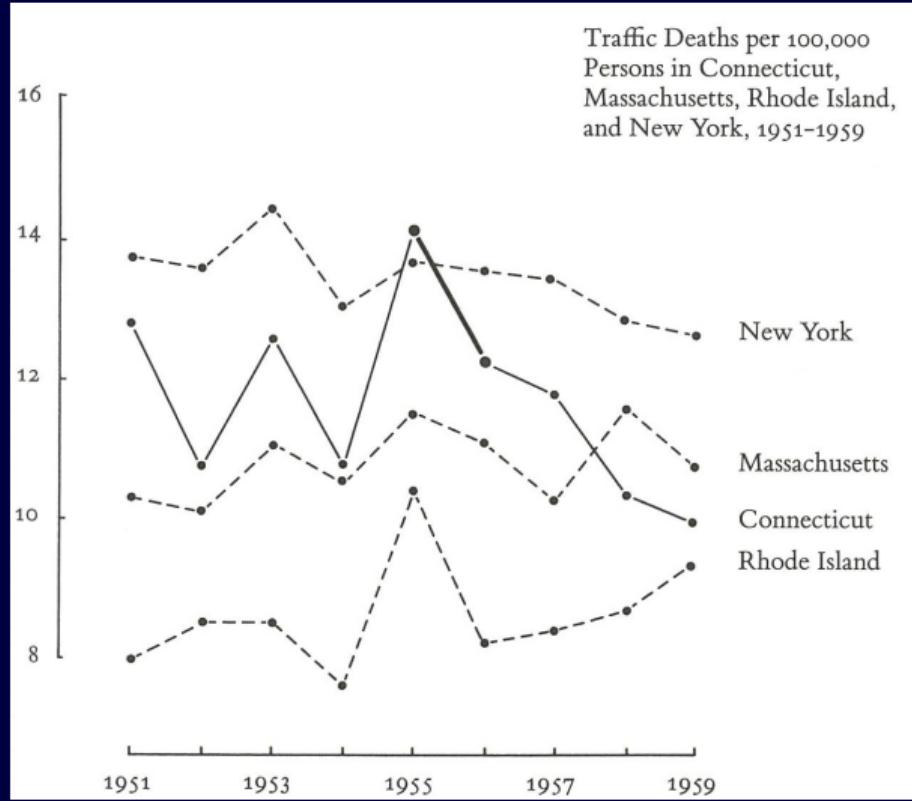
前後年を加える



近隣州を加える

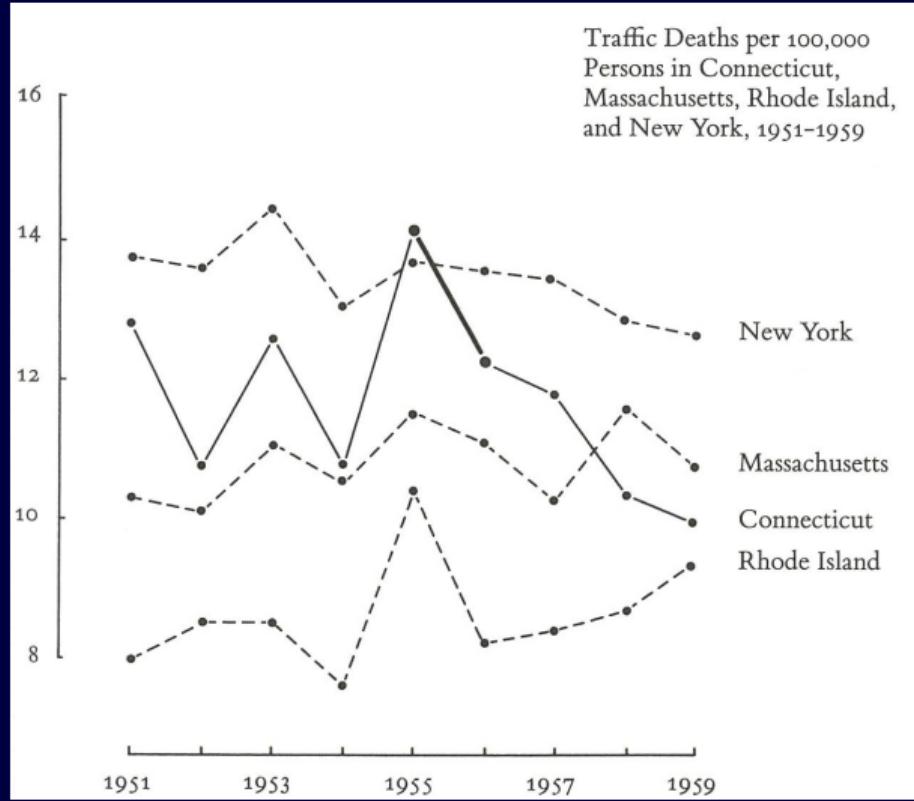


近隣州を加える



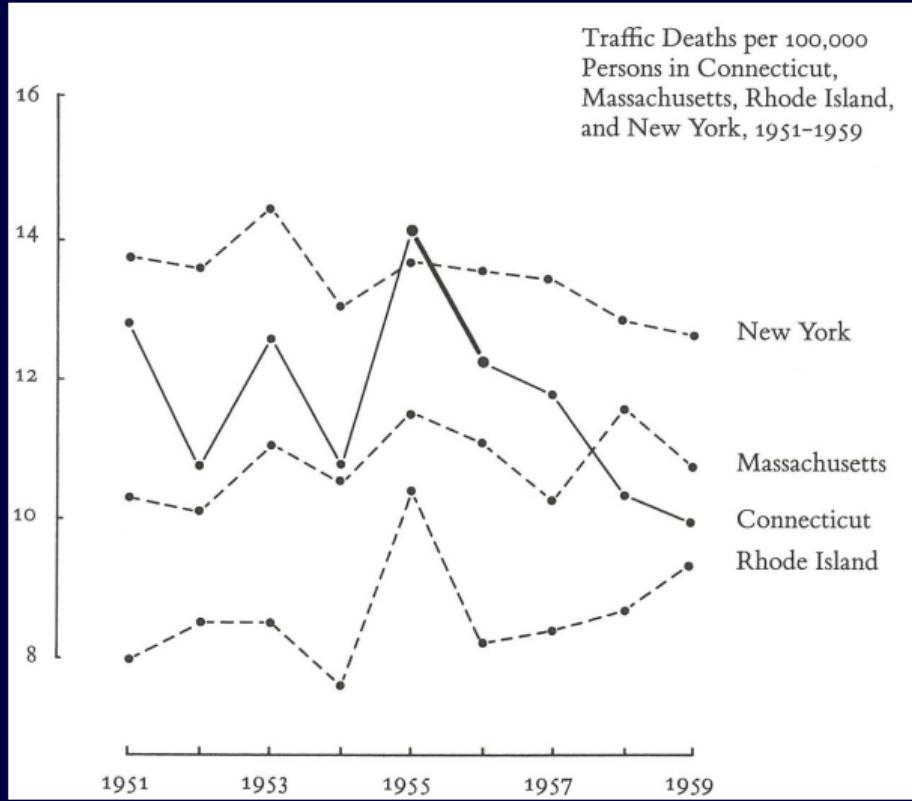
厳罰化の効果とはいえそうにない?

近隣州を加える



厳罰化の効果とはいえそうにない?
近隣州に効果が及んだ?

近隣州を加える



厳罰化の効果とはいえそうにない?
近隣州に効果が及んだ?
計量経済学: Difference-in-differences estimator, first-difference estimator, event study design estimator

日本の新聞は多変数の図示が優れているそうだ (Tuft, 2001, p.83)

Table 1
Graphical Sophistication, World Press, 1974-1980

	Percentage of statistical graphics based on more than one variable, but not a time-series or a map	Number of graphics in sample
<i>Akahata</i> ("Red Flag") (Japan, daily, circulation 30,000)	9.3%	202
<i>Asahi Shimbun</i> (Japan, daily, 8,000,000)	7.6%	119
<i>Der Spiegel</i> (Germany, weekly, 1,000,000)	5.7%	454
<i>The Economist</i> (Britain, weekly, 170,000)	2.0%	342
<i>Nihon Keizai Shimbun</i> (Japan, daily financial paper, 1,700,000)	1.7%	297
<i>Le Monde</i> (French, daily, 440,000)	0.7%	144
<i>Business Week</i> (U.S., weekly, 800,000)	0.6%	726
<i>New York Times</i> (U.S., daily, 900,000; Sunday, 1,500,000)	0.5%	422
<i>Pravda</i> (USSR, daily, 10,500,000)	0.0%	54
<i>Frankfurter Allgemeine</i> (Germany, daily, 300,000)	0.0%	93
<i>The Times</i> (Britain, daily, 400,000)	0.0%	107
<i>Washington Post</i> (U.S., daily, 600,000; Sunday, 800,000)	0.0%	121
<i>Time</i> (U.S., weekly, 4,300,000)	0.0%	147
<i>Die Zeit</i> (Germany, weekly, 300,000)	0.0%	213
<i>Wall Street Journal</i> (U.S., daily, 2,000,000)	0.0%	449

赤旗、朝日、日経など。日経はひどいけど…

理由は学校教育(大学受験)にもあるそうだ(Tufte, 2001, p.86)

Table 3
Graphical Sophistication, Educational Tests

	Percentage of statistical graphics based on more than one variable, but not a time-series or a map	Number of graphics
National university entrance examinations, Japan, 1979 and 1980	100%	16
Review materials, Law School Admission Test, United States 1975	48%	29
Standardized tests for grade school, high school, and college; United States 1970s: [*]		
Science, 14 tests	67%	64
Arithmetic, mathematics, algebra, and analytic geometry; 21 tests	41%	37
Social studies, history, and government; 14 tests	24%	49
General ability, 5 tests	21%	47

*Graphics collected in James R. Beniger, compiler, *Selected Standardized Test Items that Measure Ability with Graphics* (Washington, DC: Bureau of Social Science Research, 1975).

日経のひどい図：償還・利払い費用は増え続けている（2015年12月25日朝刊）



増えているのは事実だから、敢えて嘘を組み込まなくていい

8兆円分表示、16兆円をカット →
嘘比率 = $\frac{16+8}{8} = 3$

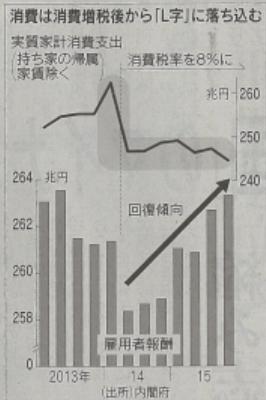
横軸=長期金利、縦軸=利払い・償還、20年くらい遡ってステフ・カリーザのシート図のように描けば、今の時代の異様さが際立つはず

日経のひどい図: 雇用者報酬は増えても消費は増えない (2016年2月22日朝刊)

エコノ
フォーカス
ECONO FOCUS

雇用絶好調

でも
さえぬ消費

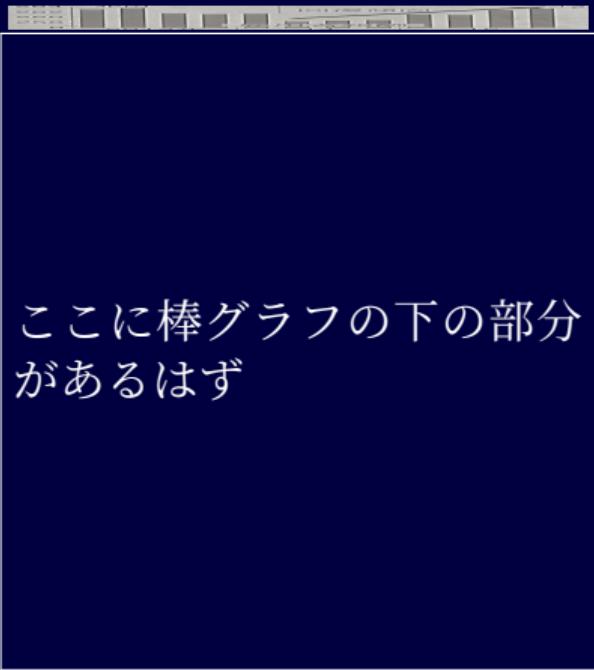


「経済の好循環」のカギを握る個人消費がさえない。前期比0.4%減に沈んだ2015年10~12月期の実質国内総生産（GDP）も個人消費が同0.8%減と数字を押し下げる「主犯」だった。雇用情勢は日銀の黒田東彦総裁が「完全雇用に極めて近い」というほど良く、本来なら賃金が上がり消費につながるはず。なぜ盛り上がりがないのか。（中島裕介、藤川衡）

賃上げ力不足、貯蓄に回る

「回復傾向(上向き矢印!)」でも誤差レヴェルの増加
8億円分を図示、256億円分をカット → 嘘比率 = $\frac{8+256}{8} = 33$

ちゃんと下を加えた棒グラフにする (mm = pixel * 25.4mm / dpi) (2兆円が119ピクセル
 $\Rightarrow (256/2)*119*(25.4/300)=1290\text{mm}$



ここに棒グラフの下の部分
があるはず

雇用者報酬は経済全体での総額

雇用者報酬は経済全体での総額

一人当たりで見ないと意味がない

雇用者報酬は経済全体での総額

一人当たりで見ないと意味がない

しかも、全体からすれば誤差レヴェルの増加

雇用者報酬は経済全体での総額

一人当たりで見ないと意味がない

しかも、全体からすれば誤差レヴェルの増加

安倍首相は総額が増えたと強調している

雇用者報酬は経済全体での総額

一人当たりで見ないと意味がない

しかも、全体からすれば誤差レヴェルの増加

安倍首相は総額が増えたと強調している

全職種を平均した実質賃金は下がっているので、消費が増えないのは当然

雇用者報酬は経済全体での総額

一人当たりで見ないと意味がない

しかも、全体からすれば誤差レヴェルの増加

安倍首相は総額が増えたと強調している

全職種を平均した実質賃金は下がっているので、消費が増えないのは当然

要するに、増えた仕事の多くが賃金の低い非正規雇用なので消費は増えない

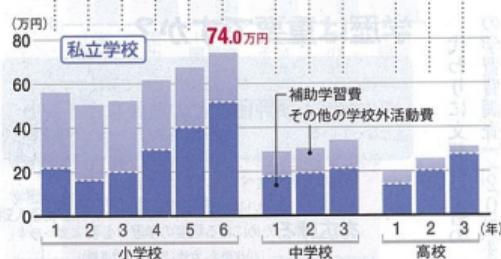
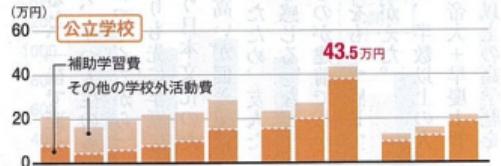
子どもへの投資額: アエラ (2016年3月14日)

まだ学歴に投資しますか 調査

教育投資の今

④実際にどのくらいかけている?

「補助学習費」とは、家庭での学習に使用する物品・図書の購入費、家庭教師費、学習塾費等の支出。「その他の学校外活動費」とは、体験活動や習い事(ピアノ、水泳、習字等)等のための支出であり、用具の購入費等を含む。[文部科学省「平成26年度 子供の学習費調査」]



2016年2月、会員制転職サービスを展開する「ビズリーチ」とアエラネットの会員男女733人にアンケートを実施。有効回答者数は質問によって異なる。

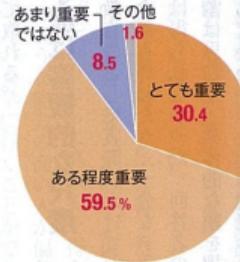
データ分析協力: 慶應義塾大学中室牧子研究室(齋田大輝、中川舞音、星野恭平、町田義将、山越梨沙子、和田晃世)

1170
万円

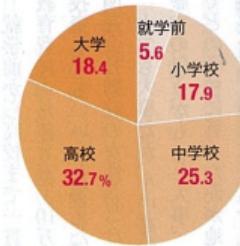
③子どもに投資してもいい額は?

学費、習い事、塾などすべて含む「教育投資」の月額を選択肢から選んでもらい、就学前から高校卒業までの総額を算出した。学年は、自分がどのクラスに属するかを12の選択肢から選んでもらい、編集部で六つのグループにまとめ直した

①子どもの学歴は重要?



②最も投資したい時期は?



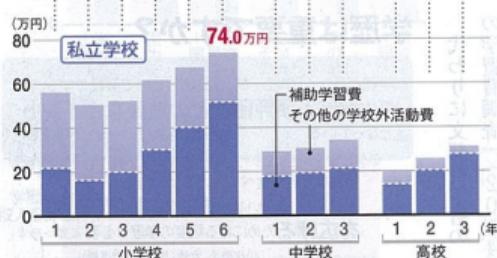
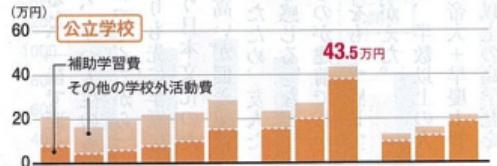
子どもへの投資額: アエラ (2016年3月14日)

まだ学歴に投資しますか 調査

教育投資の今

④実際にどのくらいかけている?

「補助学習費」とは、家庭での学習に使用する物品・図書の購入費、家庭教師費、学習塾費等の支出。「その他の学校外活動費」とは、体験活動や習い事(ピアノ、水泳、習字等)等のための支出であり、用具の購入費等を含む。[文部科学省「平成26年度 子供の学習費調査」]



2016年2月、会員制転職サービスを展開する「ビズリーチ」とアエラネットの会員男女733人にアンケートを実施。有効回答者数は質問によって異なる。

データ分析協力: 慶應義塾大学中室牧子研究室(斎田大輝、中川舞音、星野恭平、町田義将、山越梨沙子、和田晃世)

1170
万円

1000

③子どもに投資してもいい額は?

学費、習い事、塾などすべて含む「教育投資」の月額を選択肢から選んでもらい、就学前から高校卒業までの総額を算出した。学年は、自分がどのクラスに属するかを12の選択肢から選んでもらい、編集部で六つのグループにまとめ直した

944

800

700

600

500

400

海外大

+ 海外大

国内大学院

+ 旧帝大+早慶上智

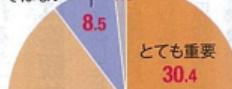
+ 国立+その他の国立

+その他の私立

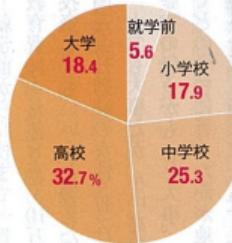
+ 短大+専門専修

①子どもの学歴は重要?

あまり重要→その他
ではない



②最も投資したい時期は?



円グラフは図の次元が1つ多い、人間の視覚には不適切

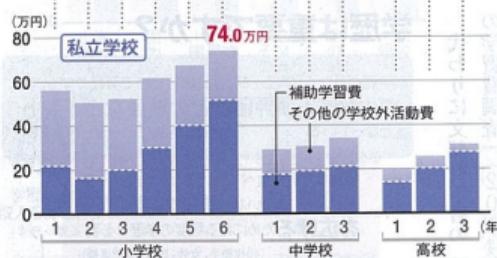
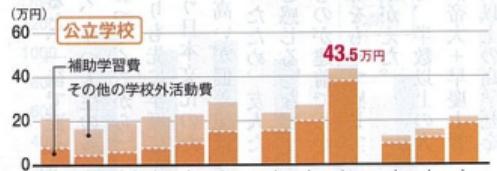
子どもへの投資額: アエラ (2016年3月14日)

まだ学歴に投資しますか 調査

教育投資の今

④実際にどのくらいかけている?

「補助学習費」とは、家庭での学習に使用する物品・図書の購入費、家庭教師費、学習塾費等の支出。「その他の学校外活動費」とは、体験活動や習い事(ピアノ、水泳、習字等)等のための支出であり、用具の購入費等を含む。[文部科学省「平成26年度 子供の学習費調査」]



2016年2月、会員制転職サービスを展開する「ビズリーチ」とエラネットの会員男女733人にアンケートを実施。有効回答者数は質問によって異なる。

データ分析協力: 慶應義塾大学中室牧子研究室(斎田輝大、中川舞音、星野恭平、町田義将、山越梨沙子、和田晃世)

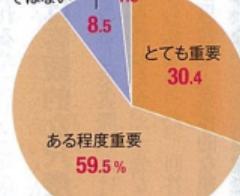
約 900 万円分を図示、300 万円分をカット → 嘘比率 = $\frac{12}{9} = 1.33$

円グラフは図の次元が1つ多い、人間の視覚には不適切

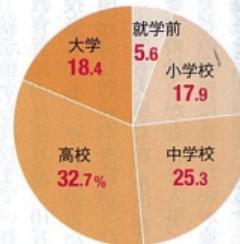
円グラフは比較対象がないので、「大きい」「多い」を越えた情報が伝わらない

①子どもの学歴は重要?

あまり重要 - その他
ではない



②最も投資したい時期は?



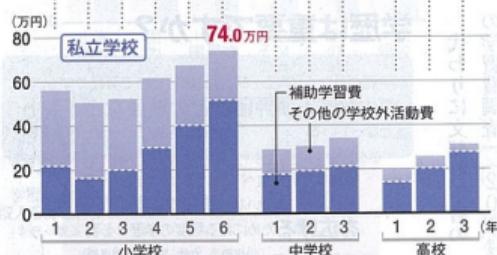
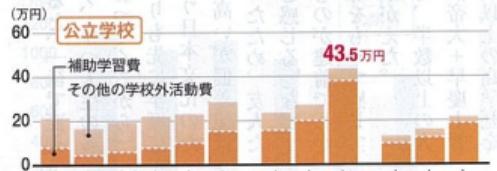
子どもへの投資額: アエラ (2016年3月14日)

まだ学歴に投資しますか 調査

教育投資の今

④実際にどのくらいかけている?

「補助学習費」とは、家庭での学習に使用する物品・図書の購入費、家庭教師費、学習塾費等の支出。「その他の学校外活動費」とは、体験活動や習い事(ピアノ、水泳、習字等)等のための支出であり、用具の購入費等を含む。[文部科学省「平成26年度 子供の学習費調査」]



2016年2月、会員制転職サービスを展開する「ビズリーチ」とアエラネットの会員男女733人にアンケートを実施。有効回答者数は質問によって異なる。

データ分析協力: 慶應義塾大学中室牧子研究室(窪田輝大、中川舞音、星野恭平、町田義将、山越梨沙子、和田晃世)

約 900 万円分を図示、300 万円分をカット → 嘘比率 = $\frac{12}{9} = 1.33$

並べた順番は学歴高 → 低? 金額順に並べると、高卒 ≈ 国内大学院、エリート(海外+国内トップ大学) vs 非エリート

Ito (IDE, Sacred Heart)

円グラフは図の次元が1つ多い、人間の視覚には不適切

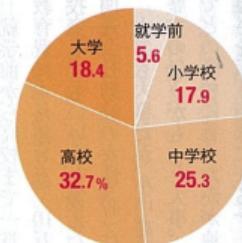
円グラフは比較対象がないので、「大きい」「多い」を越えた情報が伝わらない

①子どもの学歴は重要?

あまり重要 - その他
ではない



②最も投資したい時期は?



大手町」駅へ直通 4分

外観完成予想CG

受付開始

■登録期間:平成29年11月23日(木・祝)~12月3日(日)
■登録時間:午前10時~午後6時まで※最終日は午後1時まで
■抽選日時:平成29年12月3日(日)午後2時より
■場所:グランリビオ ザ・レジデンス マンションギャラリー

路線名

内線

西線

武線

王線

田急線

駅近・徒歩4分の地を手に入れる価値。

住まいを選ぶ際、現在だけでなく、将来を見据えた資産としての価値も重要です。下の図が示すとおり、最寄り駅に近いほどセールバリューが高くなり、さらに、文京区は中古物件でも人気のエリア。自ずと資産としての価値も高くなります。

「東京23区 築10年中古マンション 最寄駅からの所要時間別リセールバリュー」

所要時間	リセールバリュー (RVI)
徒歩5分以内	107.3%
10分以内	100.4%
15分以内	96.8%
20分以内	92.0%
21分以上	89.8%
バス	83.4%

出典: 東京カンティ調べ※2005年4月~2008年3月に新規分譲され、2016年4月~2017年3月に中古流通した分譲マンションを対象に新築分譲価格からの価格推移率(リセールバリュー)を算出し、専有面積30m²未満の住戸および事務所・店舗用のユニットは集計から除外。

■特定の季節(時期)の状況を示したものではなく、竣工から初期の生育期間を経たものを想定して描いております。葉や花の色合い、枝ぶりや樹形は想定であり、実際とは異なります。

30%分を図示、80%分をカット → 嘘比率 = $\frac{110}{30} = 3.67$

資産価値が高い=価格が高い、なので、何が言いたいのだろうか

中国政府の陰謀!!: 産経 web(2018年10月8日)

2018.10.8 07:00

【経済インサイド】中国の米国債保有残高 半年ぶり低水準 貿易戦争で対抗して売却か

中国による米国債保有残高の推移



700億ドル分を図示、1兆4000億ドル分をカット→嘘比率
 $= \frac{147}{7} = 21$ 、産経が日経に負けるとは不甲斐ない…

118が117になった: 殆ど誤差

2017年の7月も低いので単なる季節変動では?

横軸下の点はチャートジャンク

ポイント還元「イメージ」：ヨドバシカメラ店頭 (2017年8月)

キャンペーン期間 2017年8月31日(木)まで

対象店舗 ヨドバシカメラ 店舗 or .com ヨドバシ・ドット・コム

ポイント還元について ポイントはお支払い月の翌月上旬に約定弁

※キャンペーンポイントは、その月の分割支払金に含まれる分割払手数料相当。
※商品を返品された場合、還元したキャンペーンポイントは減算いたします。※

■ ポイント還元イメージ(分割6回払い(月々17,166円※)でお支払いされた場合)

お支払月	Point還元
2017年8月	857
9月	714
10月	571
11月	429
12月	286
2018年1月	143

2000円分を図示、15000円分をカット → 嘘比率 = $\frac{17000}{2000} = 8.5$

10万3千円のうち
 $857+714+571+429+286+143 = 3000$ 円お得になる

分割手数料ゼロなら、グラフなし数字(「3000円還元」)だけが良い気もする

なぜ500円ずつ引かないのか...

コイン・ランドリー: NHK おはよう日本(2017年12月)



約 12000 を図示、8000 をカット → 嘘比率 = $\frac{20000}{12000} = 1.67$

コイン・ランドリー: NHK おはよう日本(2017年12月)



約 12000 を図示、8000 をカット → 嘘比率 = $\frac{20000}{12000} = 1.67$

11000→17000 で 50%くらい
増えているように見えるが
「+30%」

コイン・ランドリー: NHK おはよう日本(2017年12月)



約 12000 を図示、8000 をカット → 嘘比率 = $\frac{20000}{12000} = 1.67$

11000→17000 で 50%くらい
増えているように見えるが
「+30%」

矢印は最初はフラットで上昇:
最近急増した印象を与えた
いのか?

コイン・ランドリー: NHK おはよう日本(2017年12月)



約 12000 を図示、8000 をカット → 嘘比率 = $\frac{20000}{12000} = 1.67$

11000→17000 で 50%くらい
増えているように見えるが
「+30%」

矢印は最初はフラットで上昇:
最近急増した印象を与えた
いのか?

右側だけ棒グラフの上がオレンジに変色 (デザイン変更): 視線を集めやすい (画面全体がカラフルなのでグラフもカラフルに?)

睡眠実験: NHK(2017年12月)



約70を図示、30をカット → 嘘比率 = $\frac{10}{7} = 1.43$

睡眠実験: NHK(2017年12月)



約70を図示、30をカット→嘘比率 = $\frac{10}{7} = 1.43$

80-100は不要なので20分を下に延ばせば、嘘比率1.1程度になる

睡眠実験: NHK(2017年12月)

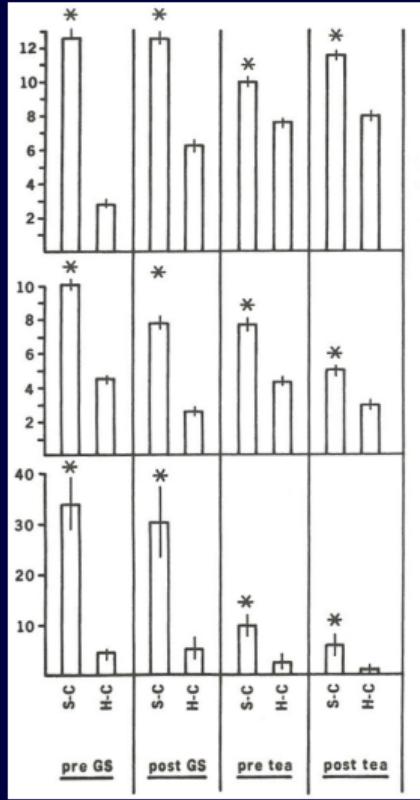


約70を図示、30をカット → 嘘比率 = $\frac{10}{7} = 1.43$

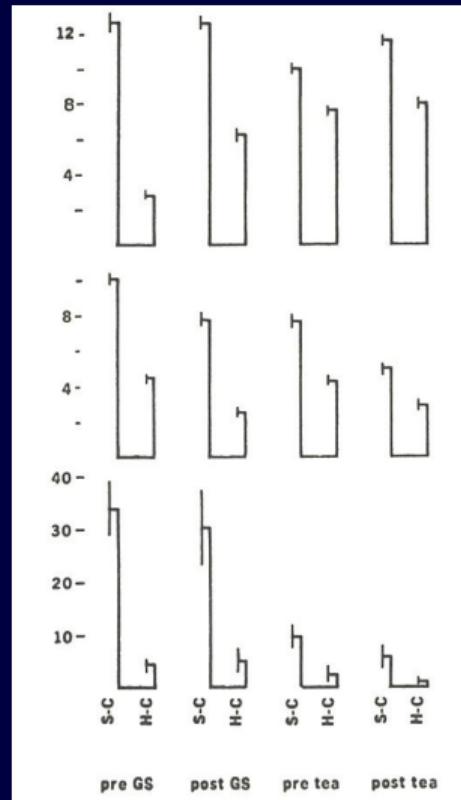
80-100は不要なので20分を下に延ばせば、嘘比率1.1程度になる

それよりも、実験ならば、誤差範囲幅 standard error band を表示させ、73.0と62.3の差が統計学的に意味があるのか表示すべき

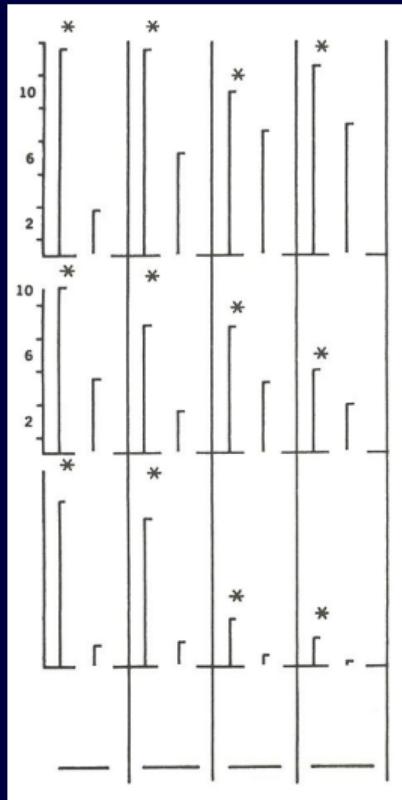
棒グラフもチャートジャンク多い、棒と隙間が全て等間隔で見づらい



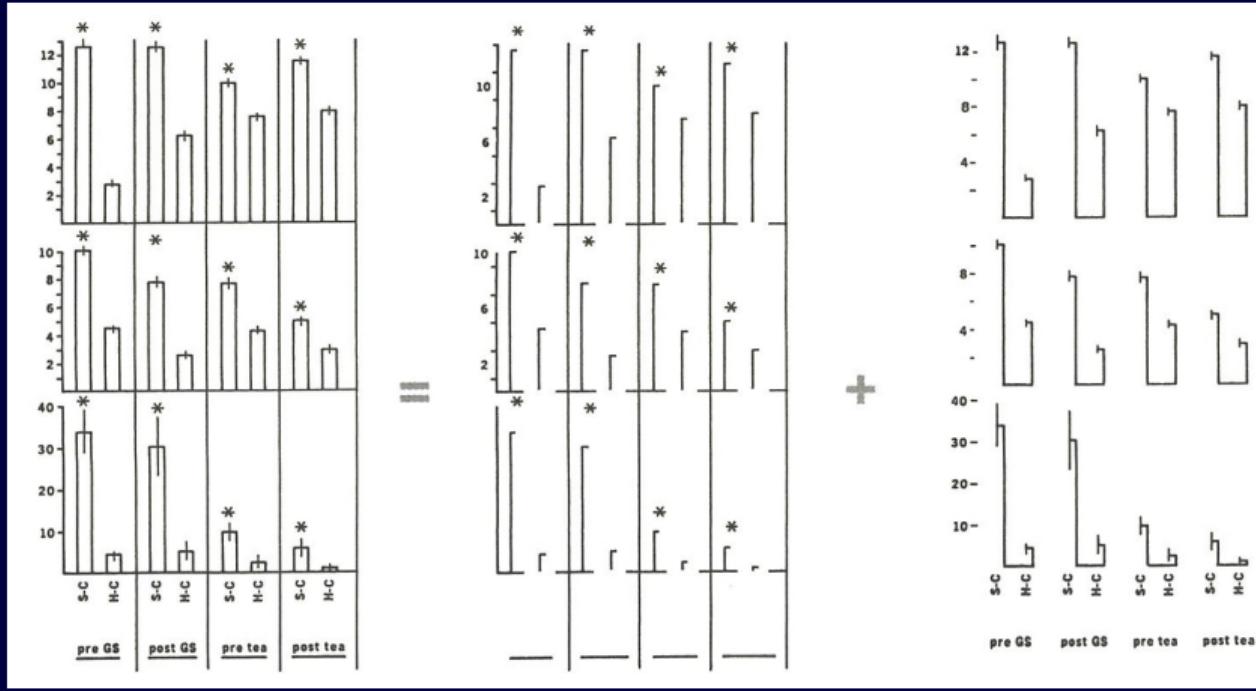
棒グラフを濃縮



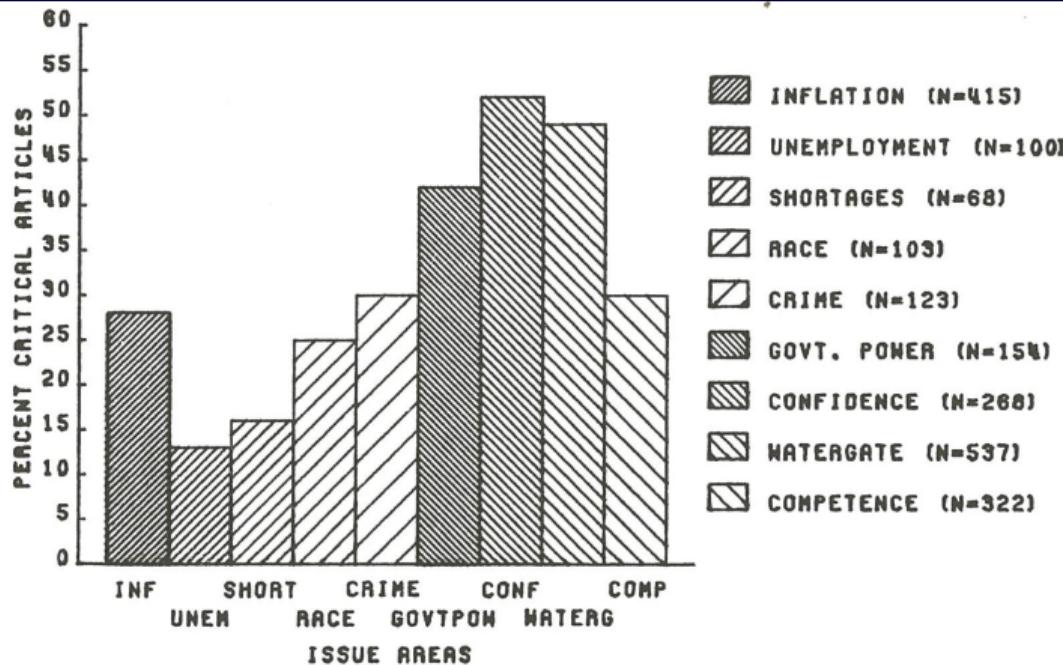
チャートジャンクだけ



棒グラフの分解



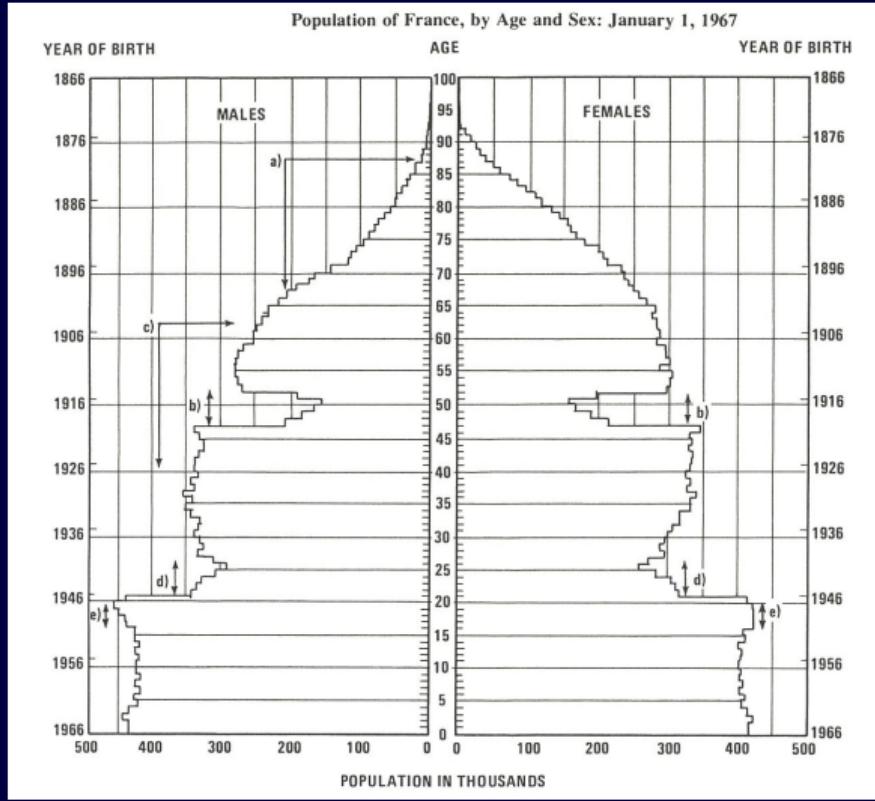
棒グラフの悪例(経済学)

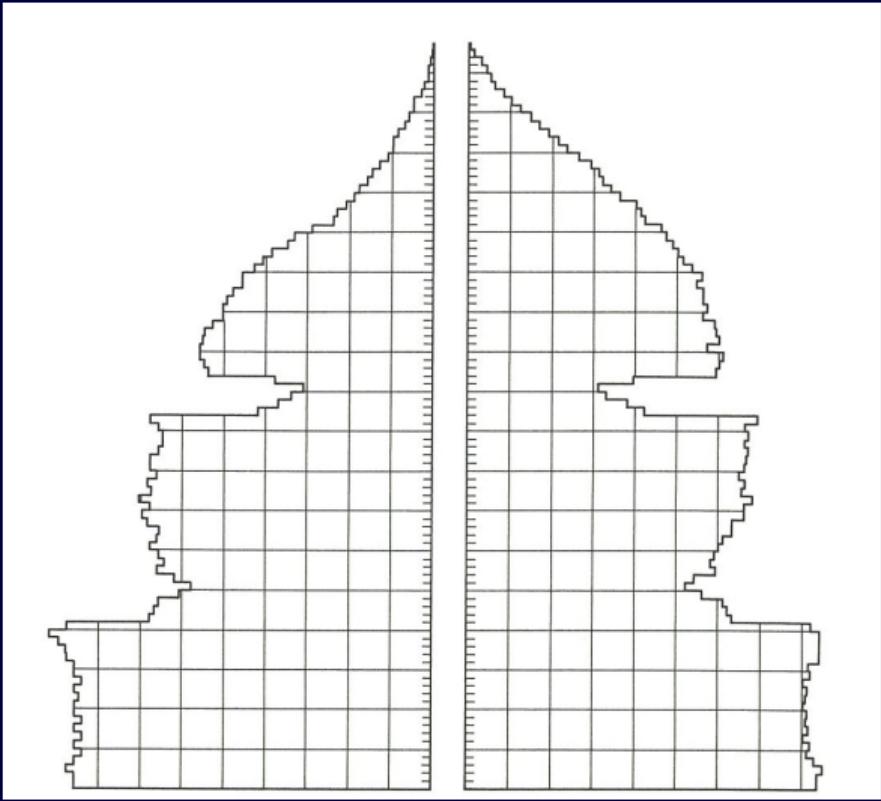


模様がうるさすぎて視線が全体の分布に行かない

ラベルは図(棒の中など)に書き込めば模様はいらない

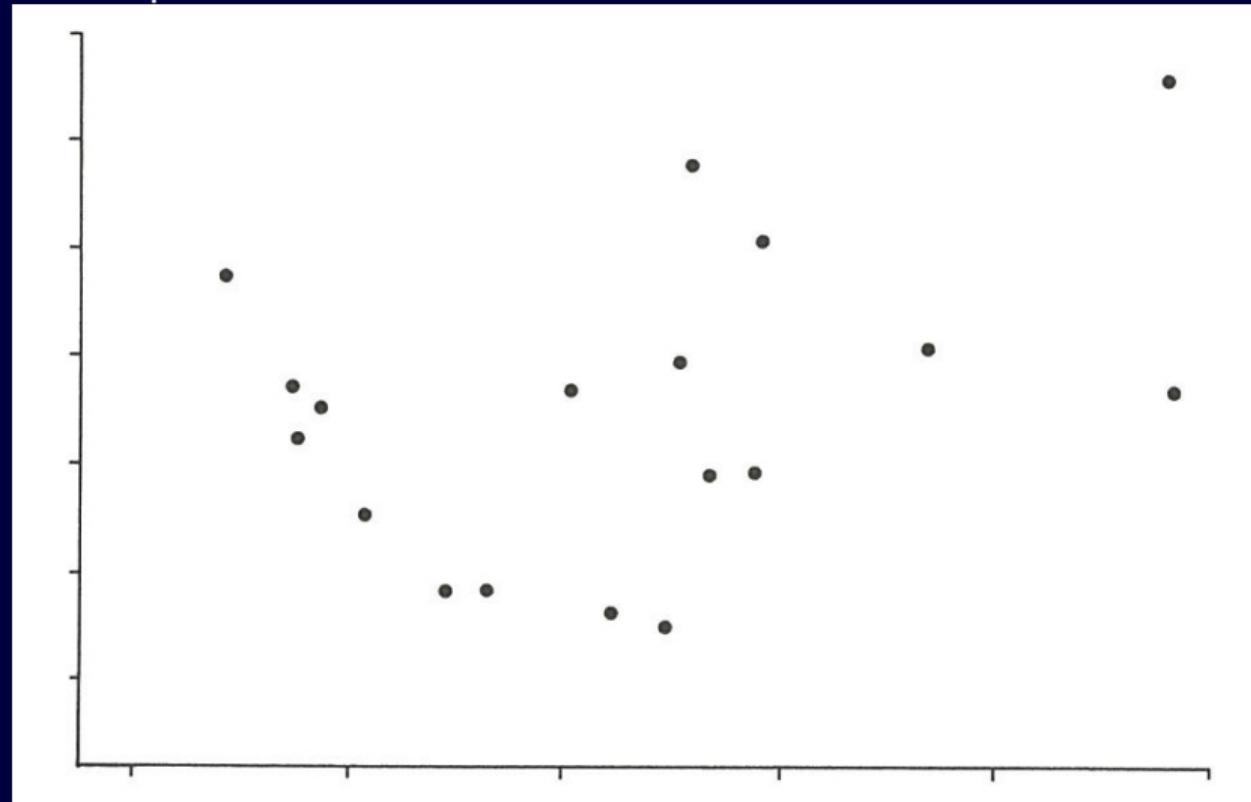
人口ピラミッドもチャートジャンク多い





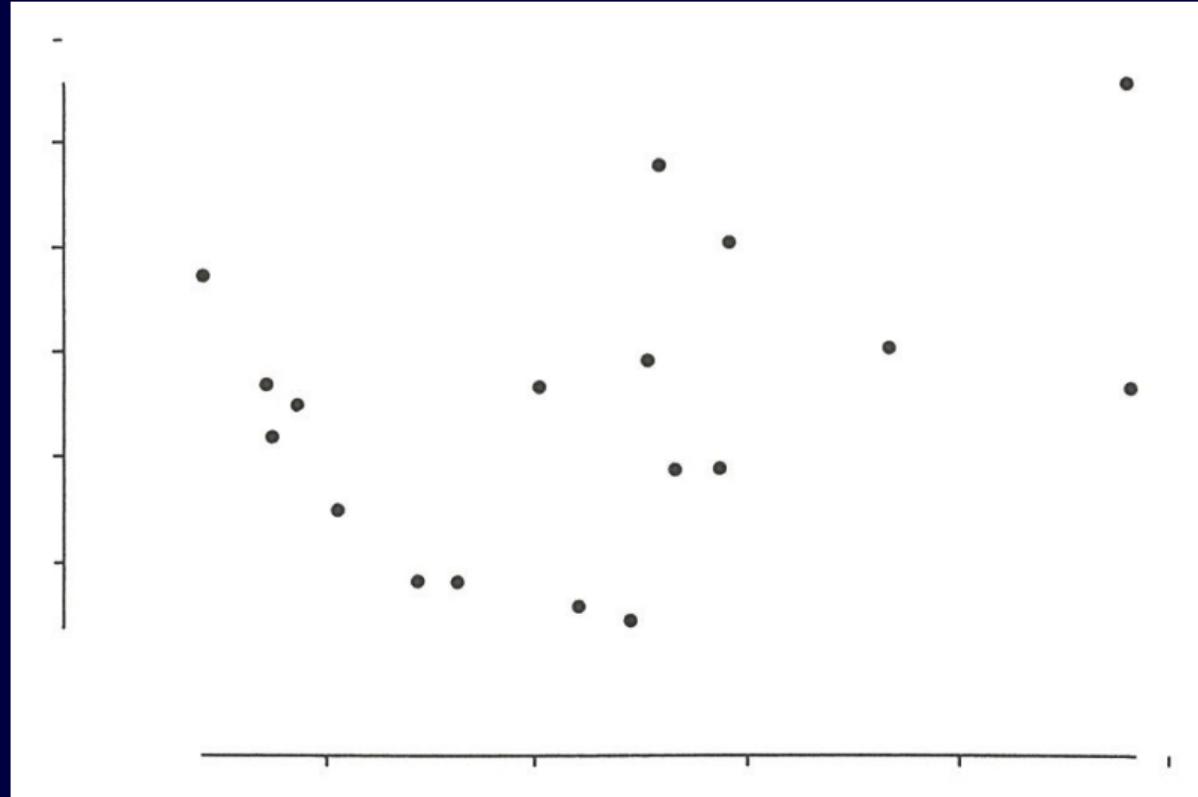
データだけ、格子をデータ内部だけ
ピラミッドの形が鮮明になる、
以前はピラミッド外側を見て
いたことに気付く
格子の色も黒だとうるさいの
でグレーで良い

散布図 scatter plot



研究でも良く使われる

範囲フレーム図 (range-frame plot)



左下コーナーに目が行っていたことに気付く

なぜ?

なぜ?

無意識にデフォルトのデザインを使う人が多い

なぜ?

無意識にデフォルトのデザインを使う人が多い

Excel: デフォルト設定にチャートジャンクが多いので、データ・インク比率も低い

なぜ?

無意識にデフォルトのデザインを使う人が多い

Excel: デフォルト設定にチャートジャンクが多いので、データ・インク比率も低い
歪ませていると気付かずに、嘘比率の高い図を描く人も多い

なぜ?

無意識にデフォルトのデザインを使う人が多い

Excel: デフォルト設定にチャートジャンクが多いので、データ・インク比率も低い
歪ませていると気付かずに、嘘比率の高い図を描く人も多い

原因: 単なる知識不足、訓練不足

なぜ?

無意識にデフォルトのデザインを使う人が多い

Excel: デフォルト設定にチャートジャンクが多いので、データ・インク比率も低い
歪ませていると気付かずに、嘘比率の高い図を描く人も多い

原因: 単なる知識不足、訓練不足

意識的に嘘比率の高い図を描く人(プロ?)もいる

なぜ?

無意識にデフォルトのデザインを使う人が多い

Excel: デフォルト設定にチャートジャンクが多いので、データ・インク比率も低い
歪ませていると気付かずに、嘘比率の高い図を描く人も多い

原因: 単なる知識不足、訓練不足

意識的に嘘比率の高い図を描く人(プロ?)もいる

現在の日経新聞など

なぜ?

無意識にデフォルトのデザインを使う人が多い

Excel: デフォルト設定にチャートジャンクが多いので、データ・インク比率も低い
歪ませていると気付かずに、嘘比率の高い図を描く人も多い

原因: 単なる知識不足、訓練不足

意識的に嘘比率の高い図を描く人(プロ?)もいる

現在の日経新聞など

欧米の新聞は大分前に足を洗った

なぜ?

無意識にデフォルトのデザインを使う人が多い

Excel: デフォルト設定にチャートジャンクが多いので、データ・インク比率も低い
歪ませていると気付かずに、嘘比率の高い図を描く人も多い

原因: 単なる知識不足、訓練不足

意識的に嘘比率の高い図を描く人(プロ?)もいる

現在の日経新聞など

欧米の新聞は大分前に足を洗った

嘘比率を確認すると記事の意図が分かるし、首相・政権バンザイの記事も分かる

なぜ?

無意識にデフォルトのデザインを使う人が多い

Excel: デフォルト設定にチャートジャンクが多いので、データ・インク比率も低い
歪ませていると気付かずに、嘘比率の高い図を描く人も多い

原因: 単なる知識不足、訓練不足

意識的に嘘比率の高い図を描く人(プロ?)もいる

現在の日経新聞など

欧米の新聞は大分前に足を洗った

嘘比率を確認すると記事の意図が分かるし、首相・政権バンザイの記事も分かる

何のために記者になったのやら... やれやれ

References |

- Berkes, Howard, "Remembering Roger Boisjoly: He Tried To Stop Shuttle Challenger Launch," *National Public Radio, All Things Considered*, February 6 2012.
- Cleveland, William S, *The elements of graphing data (revised ed.)*, Murray Hill, NJ, 1994.
- Morris, Benjamin, "Stephen Curry is the revolution," *FiveThirtyEight*, December 13 2015.
- The Columbia Accident Investigation Board**, "The Columbia Accident Investigation Board Report, Volume 1,"
https://history.nasa.gov/columbia/CAIB_reportindex.html 2003.
- _____, "The Columbia Accident Investigation Board Report, Volume 2,"
https://history.nasa.gov/columbia/CAIB_reportindex.html 2003.
- Tufte, Edward R, *Visual explanations: Images and quantities, evidence and narrative*, Graphics Press, (Cheshire, CT), 1997.
- _____, *The visual display of quantitative information*, 2 ed., Graphics Press (Cheshire, CT), 2001.
- _____, *Beautiful evidence*, Graphics Press (Cheshire, CT), 2006.
- Wilke, Claus O., *Fundamentals of data visualization: A primer on making informative and compelling figures*, O'Reilly Media, 2019.

$$\text{想定体積} = 20 * 10 * 6 \text{ in}^3 = 1200 \text{ in}^3 = \frac{20}{12} * \frac{10}{12} * \frac{6}{12} \text{ feet}^3 = 0.694 \text{ feet}^3$$

数値例の想定体積: $1920 \text{ in}^3 = 4876.8 \text{ mm}^3$

想定密度 = 2.4 lb/feet^3

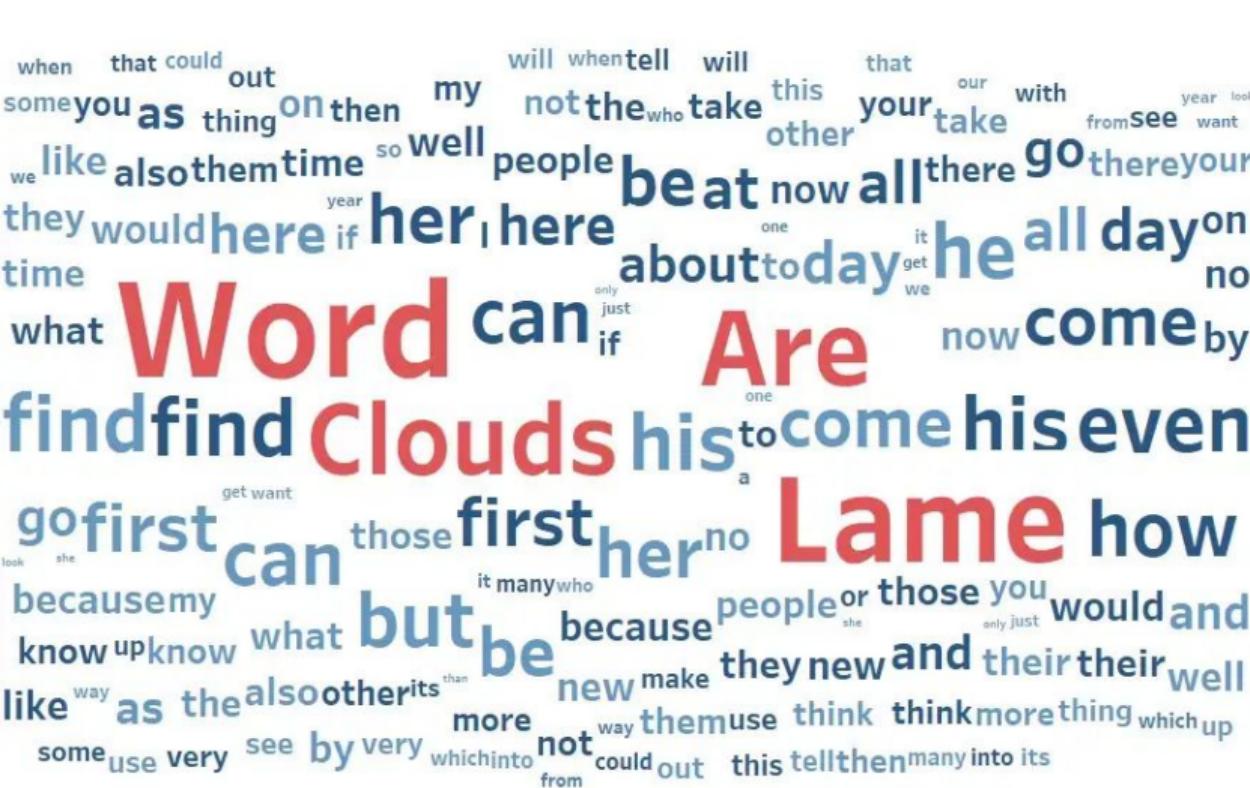
$$\text{想定重量} = \frac{\text{重量}}{\underbrace{\text{体積}}_{\text{想定密度}}} \times \text{想定体積} = 2.4 \times 0.694 = 1.667 \text{ lb} = 0.756 \text{ kg}$$

$$1 \text{ inch} = 2.54 \text{ cm}$$

- 離陸2日目の金曜日に、管理職 (head, Shuttle Program Office of Vehicle Engineering、Manager, United Space Alliance、manager, Mission Evaluation Room) は危険度がないと判断 (CAIB2003-1, 142)。映像が入手できる月曜日まで分析を止めることを指示。
- にも関わらず、3連休の週末に Boeing 社の(不慣れな)エンジニアは STS-50 データ、RCC の氷衝突データをベースに損傷を試算 (CAIB2003-1, 143-145)。角度が急だと貫通する可能性を指摘。
- Debris Assessment Team のエンジニアたちはタイルと RCC に危険性はないと判断 (CAIB2003-1, 145)。
 - タイル: 試算プログラムは損傷を多めに算出する設計
 - タイル: 外層よりも厚い内層を考慮していない試算
 - RCC: 衝突場所は 12 のうち 1 つだけが RCC に 21 度で衝突と予測
 - RCC: 氷は 15 度で貫通寸前だが柔らかい SOFI は 21 度まで ok と計算せずに結論

- DAT が挙げた「国防省にコロンビアの写真を要請」も chair, Mission Management Team によって取り消された。
 - ☞ これら幹部が DAT の懸念を取り上げず、DAT は通常と異なるルートで要請し、幹部によって取り消される
- 離陸後 9 日目に Boeing と United Space Alliance のエンジニアが manager, Mission Evaluation Room にスライドを報告した。廊下に立ち見が出るくらい関心を集めた。結果の依拠する不確実性を強調したが、safety-of-flight issue は確認されなかつたという幹部のまとめになった。
 - どこに衝突したか
 - 用いた体積が 400 倍

▶ go back



Source: <https://towardsdatascience.com/word-clouds-are-lame-263d9cbc49b7>

きれい

メッセージ?

順位?

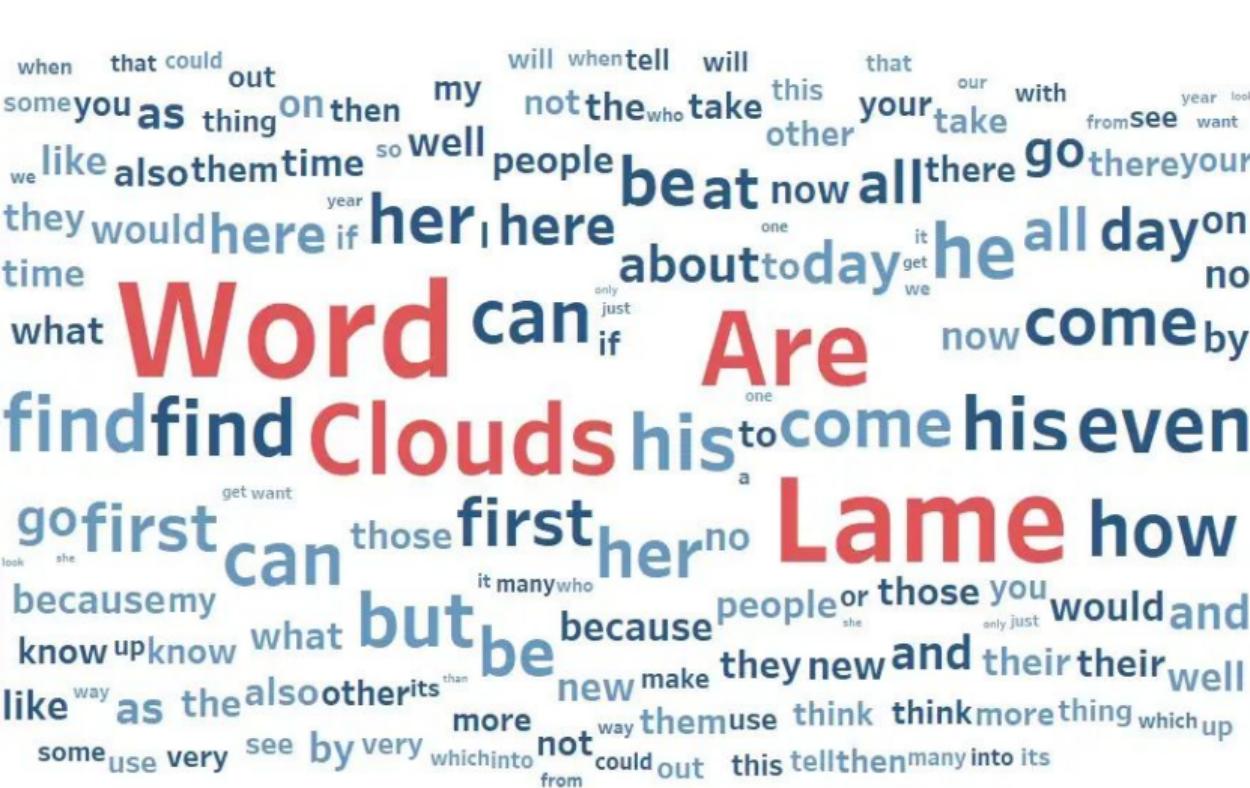
色や形?

"word clouds the pie chart of text data."

視覚化の方法としてはお薦めできません

テキスト分析には他の視覚化がよい

Sacred Heart, IDE



Source: <https://towardsdatascience.com/word-clouds-are-lame-263d9cbc49b7>

きれい

メッセージ?

順位?

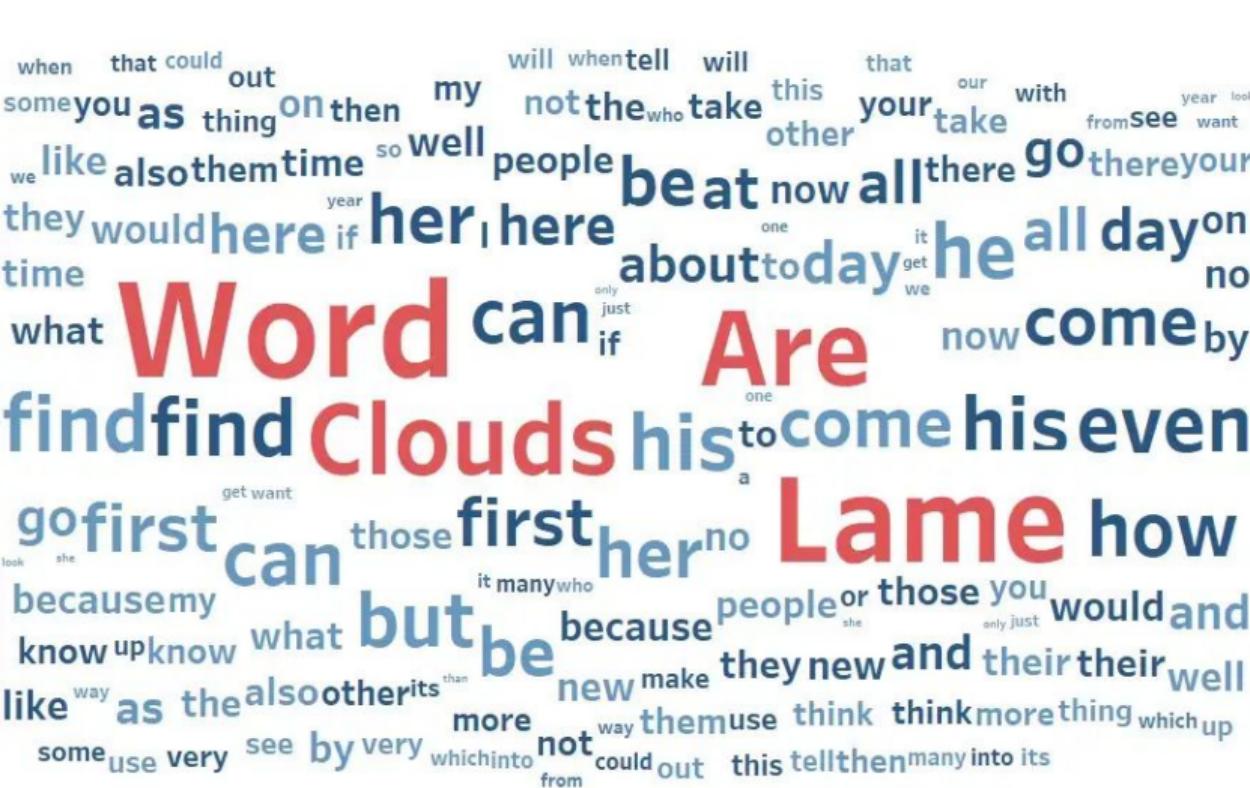
色や形?

"word clouds the pie chart of text data."

視覚化の方法としてはお薦めできません

テキスト分析には他の視覚化がよい

Sacred Heart, IDE



Source: <https://towardsdatascience.com/word-clouds-are-lame-263d9cbc49b7>

きれい

メッセージ?

順位?

色や形?

"word clouds the pie chart of text data."

視覚化の方法としてはお薦めできません

テキスト分析には他の視覚化がよい

Sacred Heart, IDE

▶ go back