論理と計算

第２回
命題論理：構文・意味・解釈

担当：尾崎　知伸
ozaki.tomonobu@nihon-u.ac.jp

講義予定　※一部変更（前倒し）になる可能性があります

09/22	01. オリエンテーション と 論理を用いた問題解決の概要
09/29	02. 命題論理：構文・意味・解釈
10/06	03. 命題論理：推論
10/13	04. 命題論理：充足可能性問題
10/20	05. 命題論理：振り返りと演習（課題学習）
10/27	06. 述語論理：構文・意味・解釈
11/03	07. 述語論理：推論　※文化の日，文理学部授業日
11/10	08. 述語論理：論理プログラムの基礎
11/17	09. 述語論理：論理プログラムの発展
11/24	10. 述語論理：振り返りと演習（課題学習）
12/01	11. 高次推論：発想推論
12/08	12. 高次推論：帰納推論の基礎
12/15	13. 高次推論：帰納推論の発展
12/22	14. 高次推論：振り返りと演習（課題学習）
01/19	15. まとめと発展的話題

目次：今回の授業の内容

- 命題論理の構文
- 命題論理の意味・解釈・モデル
- 命題論理の分類
- 命題論理の標準形

命題論理の構文

命題論理（propositional logic）

- 命題を基本構成要素とする論理言語
- 命題：真または偽という性質をもつもの．真偽の判断の対象となる文章や式
  - 命題という用語は，高校数学でも出てきたはず
  - 「真偽を問題にすることができる」ことが特徴
    - 逆に言えば，真偽を問題にすることができないものは命題とはならない
      - 命令文・感嘆文・挨拶などは，命題にならない

- 命題論理の構成要素（詳細は次ページ）
  - 文（sentence）＝命題論理式（文と式を同じ意味で使います）
  - 原子文（atomic formula）：最も単純な文（それ以上分解することのできない命題）
    - p：「患者は微熱がある」，q：「患者は咳をする」，
      r：「患者は疲れやすい」，s：「患者の病気＝肺結核」
  - 複合文（complex sentence）：文を結合子（connective）でつなげた文
    - 結合子（connective）：連言（conjunction∧），選言（disjunction∨），
      否定（negation¬），含意（implication⇒），同値（equivalence⇔）
    - p∧q∧r⇒s ：「患者が微熱があり，咳をして，疲れやすい ならば 患者の病気＝肺結核」
  - 一つの特定の対象に対する記述

命題論理の構文（Syntax）

- 命題論理の出てくる記号：論理定数・命題記号・結合子・括弧
- 命題文：命題論理に出てくる論理式（命題記号の組み合わせ）
  - （命題文＝命題論理式：両者を同じ意味で利用します）
- 命題文の構文（BNFによる表現）

$$
\begin{array}{lcl}
\text{命題文} & \rightarrow & \text{原子文} \mid \text{複合文} \\
\text{原子文} & \rightarrow & \mathrm{true} \mid \mathrm{false} \mid \mathrm{p} \mid \mathrm{q} \mid \mathrm{r} \mid \ldots \\
\text{複合文} & \rightarrow & （\text{命題文}） \\
 & \mid & \neg\ \text{命題文} \\
 & \mid & \text{命題文} \wedge \text{命題文} \\
 & \mid & \text{命題文} \vee \text{命題文} \\
 & \mid & \text{命題文} \Rightarrow \text{命題文} \\
 & \mid & \text{命題文} \Leftrightarrow \text{命題文}
\end{array}
$$

結合力（降順）：$\neg, \wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow$

命題文の構文

- 命題文は原子文（atomic formula）と複合文（complex formula）からなる
- 命題文を結合子（connective）で繋いだものを複合文と呼ぶ
  - 結合子には，否定記号・連言記号・選言記号・含意記号・同値記号が含まれる

[命題文の（言葉による）定義]

1. 論理定数 true と falseは文である
2. 命題記号 p, q, r … は文である（命題記号＝命題変数）
3. 文を括弧で囲ったものは文である
4. 文の先頭に否定記号¬を付与したものは文である
5. 二つの文を連言記号∧で繋げたものは文である
6. 二つの文を選言記号∨で繋げたものは文である
7. 二つの文を含意記号⇒で繋げたものは文である
8. 二つの文を同値記号⇔で繋げたものは文である
9. 1.～8. で作られるもののみが文である

命題文	$\to$	原子文 $\mid$ 複合文
原子文	$\to$	true $\mid$ false $\mid$ p $\mid$ q $\mid$ r $\mid$ $\ldots$
複合文	$\to$	（命題文）
	$\mid$	$\neg$ 命題文
	$\mid$	命題文 $\wedge$ 命題文
	$\mid$	命題文 $\vee$ 命題文
	$\mid$	命題文 $\Rightarrow$ 命題文
	$\mid$	命題文 $\Leftrightarrow$ 命題文

結合力（降順）: $\neg$, $\wedge$, $\vee$, $\Rightarrow$, $\Leftrightarrow$

- 再帰的な定義：「命題文」の定義に「命題文」が出現しています
  - ベースケースと再帰ケースを確認しよう

命題文の構文

- 与えられた命題記号の集合によって作られるすべての文が定義される
- 否定文：否定記号によって作られた複合文
- 連言文：連言記号によって作られた複合文
- 選言文：選言記号によって作られた複合文
- 含意文：含意記号によって作られた複合文
  - 規則の表現に用いられることが多い
  - $\alpha \Rightarrow \beta$ において α を前提（antecedent），β を帰結（consequence）と呼ぶ
- 同値文：同値記号によって作られた複合文
- ※複数の結合子が現れる場合は，大きな構造として捉えた場合の（＝木構造で表現した際の根に相当する）結合子に着目する．例えば $(\neg(p \wedge q)) \Leftrightarrow (r \Rightarrow (p \vee q))$ は同値文となる
- リテラル（Literal）
  - 原子文（命題変数）とその否定文をまとめてリテラルと呼ぶ
- 括弧の省略：曖昧性がない場合は括弧を省略することができる
  - $((p \vee q) \Leftrightarrow \neg((\neg p) \wedge (\neg q)))$ は，$p \vee q \Leftrightarrow \neg(\neg p \wedge \neg q)$ と書いても良い
- 知識ベース（文の集合）は，各文の連言文となる
  - $KB = \{S1, S2, S3 \cdots, \} \rightarrow S1 \wedge S2 \wedge S3 \wedge \cdots$

命題論理の意味・解釈・モデル

命題論理の意味（Semantics）

- 命題文は，世界の真偽のみに着目して抽象化を行っている
- 真偽のみが意味を持つ

[命題文の意味の定義]

1. 文true は真を意味する．文falseは偽を意味する
2. 命題記号（p,q,r,…）は真偽のいずれかの意味を取る
3. 複合文の意味は真理値表（truth table）によって定める

p	q	$\neg p$	$p \wedge q$	$p \vee q$	$p \Rightarrow q$	$p \Leftrightarrow q$
$false$	$false$	$true$	$false$	$false$	$true$	$true$
$false$	$true$	$true$	$false$	$true$	$true$	$false$
$true$	$false$	$false$	$false$	$true$	$false$	$false$
$true$	$true$	$false$	$true$	$true$	$true$	$true$

- ブール代数と同じ
- 真理値は真偽値とも呼ばれる
- 複合文の真理値は，文を構成する各命題文の真理値計算を（再帰的に）繰り返すことで獲得される

命題論理の意味と現実世界における直観的な意味

- 否定文：pではない
- 連言文：pかつq
- 選言文：pもしくはq （p, qの少なくとも一方が）

- 含意文：pならばq
  - 含意文p⇒qの意味に注意
  - 前提pがfalseのときは，帰結qの真偽に関わらず（式として）trueとなる
  - 一般に，前提が成り立たないときには規則は適用されないが，規則としては間違ってはないので「true」とするのが妥当である
  - 命題論理では，p,q間に因果関係や関連性が要求されない
    - “5が奇数なら，日本の首都は東京である”という文は，（前提，帰結間に意味的な繋がりがないという点で）現実的には明らかにおかしい
    - しかし，命題論理では（前提も帰結もtrueなので）trueとなる

- 同値文：pとqは同値
  - *p* は *q* が正しい（trueである）とき，またそのときに限り正しい（trueである）
  - 英文だと，”*p* if and only if *q*” や”*p* iff *q*”と表記する

命題論理における解釈（interpretation）

ここでの [解釈] は
各原子文への真理値割り当て
を表す「技術用語」です

[解釈の定義]

- 命題文 α に現れる原子文（命題記号）を $\alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_n$ とする.
- 各原子文 α_i への真理値(true,false)の割り当てを α の解釈と呼ぶ

- それぞれの「割り当ての仕方」を解釈と呼ぶ
  - n個の原子文があるときは，2^n 個の解釈が存在する
  - 例： p∧q∨r の解釈

{p = true, q = true, r = true}, {p = true, q = true, r = false}, {p = false, q = true, r = true}, {p = false, q = true, r = false },
{p = true, q = false, r = true}, {p = true, q = false, r = false}, {p = false, q = false, r = true}, {p = false, q = false, r = false }

- 略記法：trueが割り当てられた命題記号からなる集合で表現する
  - { p, q, r }, { p, q }, { q, r }, { q }, { p, r }, { p }, { r }, { }

[モデルの定義]

- 命題文 α の真理値を真とする解釈Iを α のモデルと呼ぶ.

解釈やモデルは，真理値割り当ての集合
モデルの全体集合は，
解釈の全体集合の部分集合　となる

- 真理値表
  - 各行がそれぞれ一つの解釈
  - 命題文が真となる行がモデル

p	q	$\neg p \vee q$
$false$	$false$	$true$
$false$	$true$	$true$
$true$	$false$	$false$
$true$	$true$	$true$

文 ¬p∨qのモデルは
{ }, { q }, { p, q }

文中の各命題変数に対する真理値割り当てと，それに対する結果を表にしたもの

命題論理の分類

命題文の分類

- 命題論理の文は3種類に分類される

1. 恒真（トートロジー）：すべての解釈でtrueとなる文
2. 恒偽（矛盾）：すべての解釈でfalseとなる文
3. 充足可能：trueとなる解釈（モデル）が存在する文

- 論理定数true は恒真である
- 論理定数falseは恒偽である.
- 任意の命題変数 p は充足可能である

- 真理値表の作成：恒真・恒偽・充足可能の判定方法の一つ

トートロジーの例

- $\alpha \Rightarrow \alpha$
- $\alpha \vee \neg \alpha$ （排中律）
- $\alpha \Leftrightarrow \neg \neg \alpha$ （二重否定）

- $(\alpha \Rightarrow \beta) \Leftrightarrow (\neg \alpha \vee \beta)$ （含意記号の定義）
- $(\alpha \Leftrightarrow \beta) \Leftrightarrow (\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)$ （同値記号の定義）
- $(\alpha \Rightarrow \beta) \Leftrightarrow (\neg \beta \Rightarrow \neg \alpha)$ （対偶）
- $\alpha \wedge \beta \Leftrightarrow \beta \wedge \alpha$ （連言の交換率）
- $\alpha \vee \beta \Leftrightarrow \beta \vee \alpha$ （選言の交換率）
- $\neg (\alpha \wedge \beta) \Leftrightarrow \neg \alpha \vee \neg \beta$ （ド・モルガンの法則）
- $\neg (\alpha \vee \beta) \Leftrightarrow \neg \alpha \wedge \neg \beta$ （ド・モルガンの法則）

- $\alpha \wedge (\beta \wedge \gamma) \Leftrightarrow (\alpha \wedge \beta) \wedge \gamma$ （連言の結合律）
- $\alpha \vee (\beta \vee \gamma) \Leftrightarrow (\alpha \vee \beta) \vee \gamma$ （選言の結合律）
- $\alpha \wedge (\beta \vee \gamma) \Leftrightarrow (\alpha \wedge \beta) \vee (\alpha \wedge \gamma)$ （$\wedge$の$\vee$への分配率）
- $\alpha \vee (\beta \wedge \gamma) \Leftrightarrow (\alpha \vee \beta) \wedge (\alpha \vee \gamma)$ （$\vee$の$\wedge$への分配率）

- 結合力に注意して，各文を読み解きましょう

真理値表を作成して，トートロジーになっていることを確認してみよう

α	β	γ	α	$\vee$	$(\beta \wedge \gamma)$	$\Leftrightarrow$	$(\alpha \vee \beta)$	$\wedge$	$(\alpha \vee \gamma)$
$false$	$false$	$false$	$false$	$false$	$false$	$true$	$false$	$false$	$false$
$false$	$false$	$true$	$false$	$false$	$false$	$true$	$false$	$false$	$true$
$false$	$true$	$false$	$false$	$false$	$false$	$true$	$true$	$false$	$false$
$false$	$true$	$true$	$false$	$true$	$true$	$true$	$true$	$true$	$true$
$true$	$false$	$false$	$true$	$true$	$false$	$true$	$true$	$true$	$true$
$true$	$false$	$true$	$true$	$true$	$false$	$true$	$true$	$true$	$true$
$true$	$true$	$false$	$true$	$true$	$false$	$true$	$true$	$true$	$true$
$true$	$true$	$true$	$true$	$true$	$true$	$true$	$true$	$true$	$true$

α	β	$\neg$	$(\alpha \wedge \beta)$	$\Leftrightarrow$	$\neg\alpha$	$\vee$	$\neg\beta$
$false$	$false$	$true$	$false$	$true$	$true$	$true$	$true$
$false$	$true$	$true$	$false$	$true$	$true$	$true$	$false$
$true$	$false$	$true$	$false$	$true$	$false$	$true$	$true$
$true$	$true$	$false$	$true$	$true$	$false$	$false$	$false$

伴意（はんい，Entailment）

- 伴意：理論（theory）＝「文の集合」と文の間の関係
  - 理論＝知識ベース＝文の集合＝各文の連言文

- 伴意式：$G \vDash \alpha$「理論Gが文αを伴意する」
  - 理論Gから文αが論理的に導かれる
  - Gが真（true）である解釈（=モデル）ではαも真（true）となる

    ≡「Gが真（true）でαが偽（false）の場合がない」

    ≡「$G \Rightarrow \alpha$が恒真」
    - 含意関係は，前提（G）が真で帰結（α）が偽の場合以外は真（true）となる
  - ※伴意関係の確認：トートロジーとなるかを確認すればよい

- 例：$\{(p \wedge q)\} \vDash p$　や　$\{p\} \vDash (p \vee q)$
- 例：$\{b1,\ b2,\ (b1 \wedge b2) \Leftrightarrow r\} \vDash r$

真理値表を書いて，伴意式が成り立つことを確認してみよう

参考：真理値表を計算するプログラム

- 命題論理式の真理値表を作成するプログラムを作成してみよう
- 授業中に簡単な例を示します
  - プログラムの配布（TruthTable.pde）

命題論理の標準形

命題論理の標準形

- 命題論理の構文規則（Syntax）：複雑な入れ子構造も許す
- より制限された形に限定する
  - 単純な形の文の方が理解が容易 ／ 効率的な推論手続き

- ２つの標準形
  - 選言標準形（disjunctive normal form）
  - 連言標準形（conjunctive normal form）
  - いずれの標準形も結合子として∧∨¬の3つを利用する
    - この3つの結合子があれば⇔，⇒が無くても表現力は同じ（see「結合子の完全性」）

[選言文と連言文の定義の拡張]

1. 0個以上の文を選言記号で結合した文を選言文と呼ぶ
2. 0個の文の選言を□で表し，その意味をfalseとする
3. 選言文を構成する各要素（文）を選言肢と呼ぶ

4. 0個以上の文を連言記号で結合した文を連言文と呼ぶ
5. 0個の文の連言を■で表し，その意味をtrueとする
6. 連言文を構成する各要素（文）を連言肢と呼ぶ

$(p_1 \vee \cdots \vee p_m) \Leftrightarrow (p_1 \vee \cdots \vee p_m \vee \mathrm{false})$

$(p_1 \wedge \cdots \wedge p_m) \Leftrightarrow (p_1 \wedge \cdots \wedge p_m \wedge \mathrm{true})$

選言標準形と連言標準形

[選言標準形（disjunctive normal form）の定義]

- すべての選言肢がリテラルの連言である選言文は，選言標準形をしているという
  - 「リテラルの連言」の選言＝「リテラルの∧」を∨で繋いだもの
  - リテラル：正負の命題記号
  - 例：（p∧q）∨（r∧¬s∧t）∨（¬p∧r）∨（q∧r）
    - 各選言肢は，正負のリテラルの連言（∧），それらを選言（∨）で繋いでいる

[連言標準形（conjunctive normal form）の定義]

- すべての選言肢がリテラルの選言である連言文は，連言標準形をしているという
  - 「リテラルの選言」の連言＝「リテラルの∨」を∧で繋いだもの
  - 例：（p∨q）∧（r∨¬s∨t）∧（¬p∨r）∧（q∨r）
    - 各連言肢は，正負のリテラルの選言（∨），それらを連言（∧）で繋いでいる

- 選言標準形の双対表現
- 0個以上のリテラルの選言を節（clause）と呼ぶ
- 0個以上の節の連言（＝連言標準形）を節形式（clausal form）と呼ぶ
- 節形式を（連言ではなく）節の集合として表したものを節集合（clause set）と呼ぶ

標準形への変換

- 任意の命題文は，選言（連言）標準形に変換することが可能
- 以下に命題文を連言標準形に変換する手続きを示す

- 以下のステップを適用できなくなるまで繰り返す

1. 同値記号の除去
   - トートロジー（（$\alpha \Leftrightarrow \beta$）$\Leftrightarrow$（$\alpha \Rightarrow \beta$）$\wedge$（$\beta \Rightarrow \alpha$））を用いて，同値記号を除去する

2. 含意記号の除去
   - トートロジー（$\alpha \Rightarrow \beta$）$\Leftrightarrow$（$\neg \alpha \vee \beta$） を用いて，含意記号を除去する

3. 否定の除去と移動
   - ド・モルガンの法則$\neg$（$\alpha \wedge \beta$）$\Leftrightarrow \neg \alpha \vee \neg \beta$と$\neg$（$\alpha \vee \beta$）$\Leftrightarrow \neg \alpha \wedge \neg \beta$　及び二重否定$\alpha \Leftrightarrow \neg \neg \alpha$を用い，複合文に対する否定を除去する

4. 選言記号の移動
   - 選言の交換率$\alpha \vee \beta \Leftrightarrow \beta \vee \alpha$および $\vee$の$\wedge$への分配率$\alpha \vee$（$\beta \wedge \gamma$）$\Leftrightarrow$（$\alpha \vee \beta$）$\wedge$（$\alpha \vee \gamma$）を用い，選言記号を連言記号より内側に移動する

連言標準形への変換の例

- $(p \lor (\neg q \land r)) \Rightarrow s$

$\Leftrightarrow \neg(p \lor (\neg q \land r)) \lor s$ （含意記号除去）

$\Leftrightarrow (\neg p \land \neg(\neg q \land r)) \lor s$ （ド・モルガンの法則）

$\Leftrightarrow (\neg p \land (\neg\neg q \lor \neg r)) \lor s$ （ド・モルガンの法則）

$\Leftrightarrow (\neg p \land (q \lor \neg r)) \lor s$ （二重否定）

$\Leftrightarrow s \lor (\neg p \land (q \lor \neg r))$ （選言の交換律）

$\Leftrightarrow (s \lor \neg p) \land (s \lor q \lor \neg r)$ （ $\lor$ の $\land$ への分配率）

選言（∨）の連言（∧）の形に変形できた！

結合子の完全性

- 結合子は $\neg \wedge \vee \Rightarrow \Leftrightarrow$ の5種類．必ずしもこの5つが必要とは限らない
- $\neg \wedge \vee \Rightarrow$ （$\Leftrightarrow$ がない）でも問題ない
  - $\alpha \Leftrightarrow \beta$ は $(\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)$ と等価
- $\neg \wedge \vee$ （$\Rightarrow$ ， $\Leftrightarrow$ がない）でも問題ない
  - $\alpha \Rightarrow \beta$ は $\neg \alpha \vee \beta$ と等価
  - $\alpha \Leftrightarrow \beta$ は $(\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)$ と $(\neg \alpha \vee \beta) \wedge (\neg \beta \vee \alpha)$ と等価
- $\neg \vee$ のみ（$\Leftrightarrow$, $\Rightarrow$, $\wedge$ がない）でも問題ない
  - $\alpha \wedge \beta$ は $\neg(\neg \alpha \vee \neg \beta)$ と等価
  - $\alpha \Rightarrow \beta$ は $\neg \alpha \vee \beta$ と等価
  - $\alpha \Leftrightarrow \beta$ は $(\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)$ と
    $\neg(\neg(\alpha \Rightarrow \beta) \vee \neg(\beta \Rightarrow \alpha))$ と
    $\neg(\neg(\neg \alpha \vee \beta) \vee \neg(\neg \beta \vee \alpha))$ と等価
- $\Rightarrow \neg$ のみ（$\Leftrightarrow$, $\wedge$, $\vee$ がない）でも問題ない
  - $\alpha \vee \beta$ は $\neg \alpha \Rightarrow \beta$ と等価
  - $\alpha \wedge \beta$ は $\neg(\neg \alpha \vee \neg \beta)$ と $\neg(\alpha \Rightarrow \neg \beta)$ と等価
  - $\alpha \Leftrightarrow \beta$ は $(\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)$ と $\neg((\alpha \Rightarrow \beta) \Rightarrow \neg(\beta \Rightarrow \alpha))$ と等価

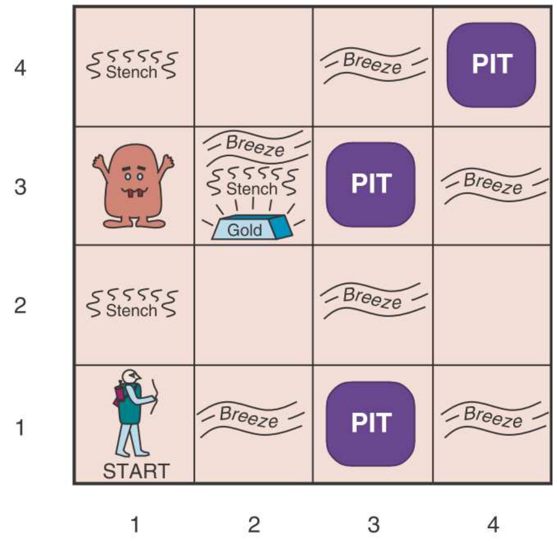
WUMPUS WORLD

WUMPUS WORLD

- Wumpus world ：通路で結ばれた4x4の部屋からなる洞窟の世界
  - 「洞窟」内には，獣（wumpus）x 1と人間（知識エージェント）がいる
  - 獣（wumpus）は，自分の部屋に入ってきたエージェントを食べる
  - 人間は，矢を用いて，獣を殺すことができる（矢は一本しか持っていない）
  - 幾つかの部屋には大きな穴があり，迷い込んだ人間は，穴に落ちて死んでしまう
  - ただし，獣は大きいので穴には落ちない
  - 人間の目的は，黄金の山を見つけること

- 知覚情報は5種類（「洞窟」ということで，人間の知覚情報は限定的である）
  1. 獣がいる部屋とその隣（上下左右）の部屋で，悪臭（stench）を感知する
  2. 穴が開いている部屋の隣の部屋で風（breeze）を感知する
  3. 黄金が置いてある部屋で輝き（glitter）を感知する
  4. 壁にぶつかると衝撃（bump）を感知する
  5. 何処にいても，獣が人間に殺されたときに
     発する叫び声（scream）を感知する

⇒受け取る知覚を5つの記号からなるリストで表現する
悪臭と風を感じた場合⇒[Stench, Breeze, None, None,
一方，場所は [x, y]と表現 する



Wumpus Worldにおける知識ベース

行動をしながら
新たに分かったことを随時
知識ベースに追加していく

- 部屋の穴のみを対象に，Wumpus Worldの知識ベースを構築してみよう
  - 今回は大変なので，[1,1] → [2,1]への移動までを対象とする

- 命題記号
  - 各i, jについて，$P_{i,j}$は部屋[i,j]に穴がある　　を意味する命題変数
  - 各i, jについて，$B_{i,j}$は部屋[i,j]で風を感じる　を意味する命題変数

- 知識ベース
  - 部屋[1,1]には穴がない　R1：$\neg P_{1,1}$
  - 隣の部屋に穴があるとき（またそのときに限り）風を感じる
    - R2：$B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})$
    - R3：$B_{2,1} \Leftrightarrow (P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1})$　　※本来はすべての部屋について準備する
  - 部屋[1,1]と部屋[2,1]での知覚
    - [1,1]で風を感じない　R4：$\neg B_{1,1}$
    - [2,1]で風を感じた　　R5：$B_{2,1}$

R2とR3で，
矢印が⇔になっている点に注意
（⇒では不十分です）

  - 知識ベースは，R1∧R2∧R3 ∧R4 ∧R5となる
    - 知識ベースに対するすべてのモデル（知識ベースを真にする割り当て）において，$P_{i,j}$の真偽値を確認すれば穴がある・ない・判断不能が分かる

まとめ：今回の授業の内容

- 命題論理の構文
  - 定数・変数・結合子

- 命題論理の意味・解釈・モデル
  - 意味：true/false
  - 解釈：文中の命題変数に対する真理値の割り当て
  - モデル：文を真にする解釈

- 命題論理の分類
  - 恒真・恒偽・充足可能
  - 真理値表
  - 伴意 と トートロジー

- 命題論理の標準形
  - 連言標準形
  - 選言標準形