



意思決定を科学する 医療経済学の手法で考える 政策立案・治療方針

Massachusetts General Hospital
Medical Practice Evaluation Center
小磯 聡

2025年4月 ポストン日本人研究者交流会

前置き

今日日本に飛ぶとしたら、どのフライトを選びますか？

→ One way ▾

👤 1 ▾

Economy ▾

○ Boston

↔

📍 Tokyo

📅 Sat, Apr 19

<

>

🔍 All filters

Stops ▾

Airlines ▾

Bags ▾

Price ▾

Times ▾

Emissions ▾

Connecting airports ▾

Duration ▾

Best ⓘ

Cheapest from **\$546** ⓘ

Top flights

Ranked based on price and convenience ⓘ Prices include required taxes + fees for 1 adult. Optional charges and [bag fees](#) may apply.
[Passenger assistance info.](#)

Sorted by top flights ⬆️⬆️

	4:30 PM – 12:30 PM^{*2} Etihad	31 hr BOS–NRT	1 stop 8 hr 30 min AUH	1,154 kg CO2e +54% emissions ⓘ	\$578 ▾
	9:20 AM – 4:15 PM^{*1} Delta · Operated by Republic Airways Delta Conne...	17 hr 55 min BOS–HND	1 stop 2 hr 18 min DTW	854 kg CO2e +14% emissions ⓘ	\$739 ▾
	6:35 AM – 3:25 PM^{*1} Air Canada · United · Operated by Air Canada Expr...	19 hr 50 min BOS–NRT	1 stop 4 hr 50 min YUL	688 kg CO2e -8% emissions ⓘ	\$802 ▾

前置き

何を考慮してフライトを選びますか？

→ One way ▾ 1 ▾ Economy ▾

○ Boston ↔ Tokyo Sat, Apr 19 < >

≡ All filters Stops ▾ Airlines ▾ Bags ▾ Price ▾ Times ▾ Emissions ▾ Connecting airports ▾ Duration ▾

Best ⓘ Cheapest from \$546 ⓘ

ブランド	出発時間	到着時間	所要時間	乗継時間	環境負荷	費用
 Etihad	4:30 PM – 12:30 PM ^{*2}		31 hr BOS–NRT	1 stop 8 hr 30 min AUH	1,154 kg CO2e +54% emissions ⓘ	\$578 ▾
 Delta · Operated by Republic Airways Delta Conne...	9:20 AM – 4:15 PM ^{*1}	到着地	17 hr 55 min BOS–HND	1 stop 2 hr 18 min DTW	854 kg CO2e +14% emissions ⓘ	\$739 ▾
 Air Canada · United · Operated by Air Canada Expr...	6:35 AM – 3:25 PM ^{*1}		19 hr 50 min BOS–NRT	1 stop 4 hr 50 min YUL	688 kg CO2e -8% emissions ⓘ	\$802 ▾

意思決定をする際に何を考慮するか

無意識のうちにメリット・デメリット・不確実性を考慮しているのではないか。
実はこれらを考慮して科学的に意思決定を分析する学問分野が存在する

- 期待されるメリット
 - 利便性、快適さ、機内サービス など
- 期待されるデメリット
 - 費用、所要時間、乗継の有無と回数 など
- 期待が裏切られる程度(不確実性)
 - 出発遅延、乗継失敗、フライトキャンセル など

本講演の目的

意思決定をどう科学的に分析するか、実際の意思決定に活かせるのかを話す

- 意思決定科学(Decision Science)の基本的な考え方と枠組を紹介し、分野全体の理解を深めてもらう
- 効果・費用・不確実性をどのように考慮し、意思決定を科学的に分析するのか、具体的な事例を通じて示す
- 参加者の研究や実務において「意思決定を構造化して考える」視点を提供し、新たな発想や気づきに繋げる

アジェンダ

1. 意思決定科学とは何か・どう分析するか

2. 意思決定科学を実際に体験してみる

3. 意思決定科学のユースケース

アジェンダ

1. 意思決定科学とは何か・どう分析するか

2. 意思決定科学を実際に体験してみる

3. 意思決定科学のユースケース

意思決定科学とは何か

効果・費用・不確実性を統合的に分析し、最適な意思決定を支援する学際的手法

- 複雑な意思決定に係る課題を、効果・費用・不確実性などの要素を考慮して、体系的・定量的に分析する学際的分野
- 経済学、統計学、心理学、行動科学など多様な分野の手法を統合し、限られたリソースと不確実性の下で最適な選択を導くことを目指す
- 医療、公共政策、ビジネスなど幅広い領域で活用され、意思決定プロセスの透明性向上と合意形成を支援する

分析のプロセス

8つのプロセスを例を含めて紹介する。実際にはプロセスが前後することもある

1 問題の特定・目的の設定

2 アウトカムの設定

3 シミュレーションモデルの設計

4 シミュレーションモデルの選択

5 モデルのインプットの選択

6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

8 結果の評価

分析のプロセス①問題の特定・目的の設定

メリット・デメリットが拮抗する問題において最適化したい価値を明確化

1 問題の特定・目的の設定

2 アウトカムの設定

3 シミュレーションモデルの選択

4 シミュレーションモデルの設計

5 モデルのインプットの選択

6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

8 結果の評価

- 複数の選択肢におけるジレンマの存在
 - 新薬(高効果・高額) vs 従来薬(低効果・安価)
 - 早期がん手術(根治可能性・侵襲大) vs 経過観察(負担小・がん進行リスク)
 - 小児ワクチン追加接種(予防効果・副反応) vs 接種見送り(副反応回避・感染リスク)
- 意思決定の目的を明確にする
 - メリットを最大化したい
 - 余命を伸ばしたい、QoLを上げたい
 - デメリットを最小化したい
 - 感染者数を抑えたい、費用を抑えたい
 - デメリットに対するメリットを最大化したい
 - かけた費用に対して余命を上げたい

分析のプロセス②アウトカムの設定

目的に応じてメリット(効果:effects)とデメリット(費用:costs)を設定する
医療経済ではQoL×生存年を表すQALYs(質調整生存年)を効果としてよく使用

1 問題の特定・目的の設定

2 **アウトカムの設定**

3 シミュレーションモデルの選択

4 シミュレーションモデルの設計

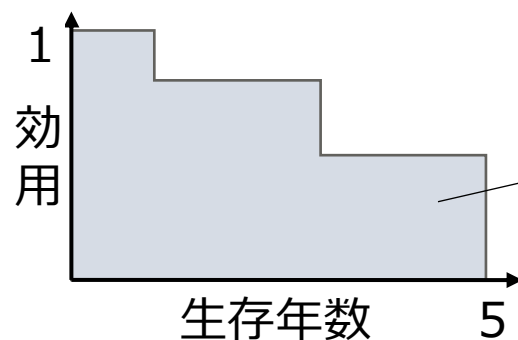
5 モデルのインプットの選択

6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

8 結果の評価

- 「質」と「量」の両方を考慮した効果指標
 - 質「効用」= QoL
 - 「0 = 死」から「1 = 完全な健康状態」で表す
 - 症状を元にした客観的評価ではなく、本人の主観的な感じ方を元にした評価が使われる
 - 質問や実験を通じて効用を測る
 - 量「生存年数」
 - 質×量 = QALYs(質調整生存年)
 - どれだけ健康で長く生きているかを数値で表せる



$$\begin{aligned} &1 \times 1\text{年} + 0.8 \times 2\text{年} + 0.5 \times 2\text{年} \\ &= 1 + 1.6 + 1 \\ &= 3.6 \end{aligned}$$

分析のプロセス③シミュレーションモデルの選択

複数の意思決定に係る選択枝の結果をシミュレーションするために、
目的に応じて最適なモデルを選ぶ



タイプ	説明	特徴
決定木分析 (Decision Tree Analysis)(注)	選択と結果を分岐で可視化	• 時間軸を考慮しづらい
マルコフモデル (Markov model)	時間経過と状態遷移を表現	• 経時的に確率が迫る事象に向く • 集団レベル
マイクロシミュレーション (Microsimulation)	個人別の特性を考慮した結果を予測	• 個人レベル
離散イベントシミュレーション (Discrete Event Simulation)	イベントごとのタイミングをシミュレーション	• 一連のプロセスに焦点 • 個人レベル
エージェントベースモデル (Agent-based model)	個人間の相互作用をシミュレーション	• 「個人」がルールに応じ行動 • 個人レベル

低

複雑さ

高

(注)機械学習における、目的変数に影響を及ぼしている説明変数を探す手法とは違う！

分析のプロセスー④シミュレーションモデルの設計

直面している問題の全体像を構造化する

1 問題の特定・目的の設定

2 アウトカムの設定

3 シミュレーションモデルの選択

4 シミュレーションモデルの設計

5 モデルのインプットの選択

6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

8 結果の評価

- 対象となっている問題の構造化
 - 意思決定のタイミング
 - 因果関係
 - 時間関係
- どう設計するかで結果が変わってくる
 - 同じ現象でも意思決定者によって問題構造は違う。暗黙知の領域
 - 意思決定者とモデル構造の擦合わせ

分析のプロセス③シミュレーションモデルの選択(例)

決定木分析では意思決定を■、確率事象を●、結果を▲で表す

1 問題の特定・目的の設定

2 アウトカムの設定

3 シミュレーションモデルの選択

4 シミュレーションモデルの設計

5 モデルのインプットの選択

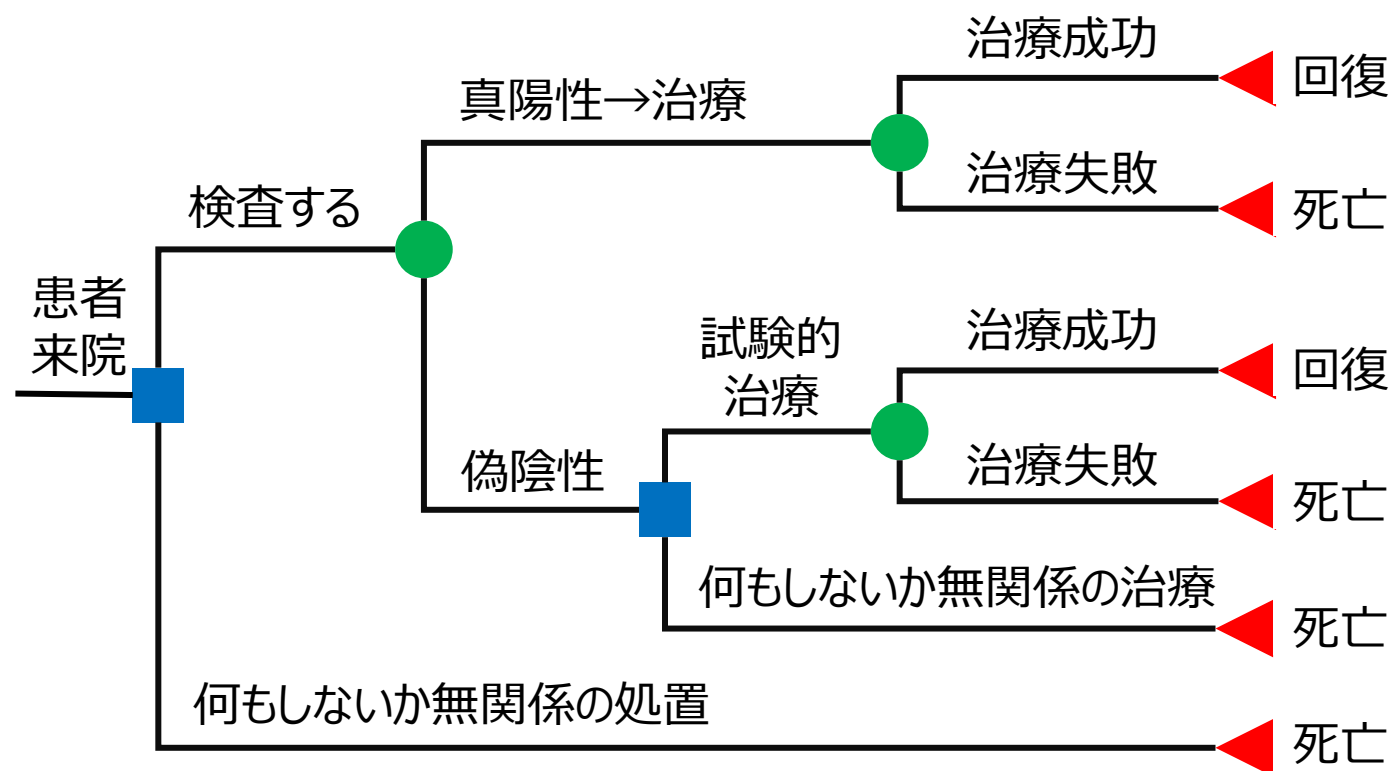
6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

8 結果の評価

決定木分析の例：重症マラリアの患者に対する診断・治療

■…意思決定 ●…確率事象 ▲…結果



分析のプロセス④シミュレーションモデルの設計(例)

モデルの構造は意思決定者によって違うかもしれない

1 問題の特定・目的の設定

2 アウトカムの設定

3 シミュレーションモデルの選択

4 シミュレーションモデルの設計

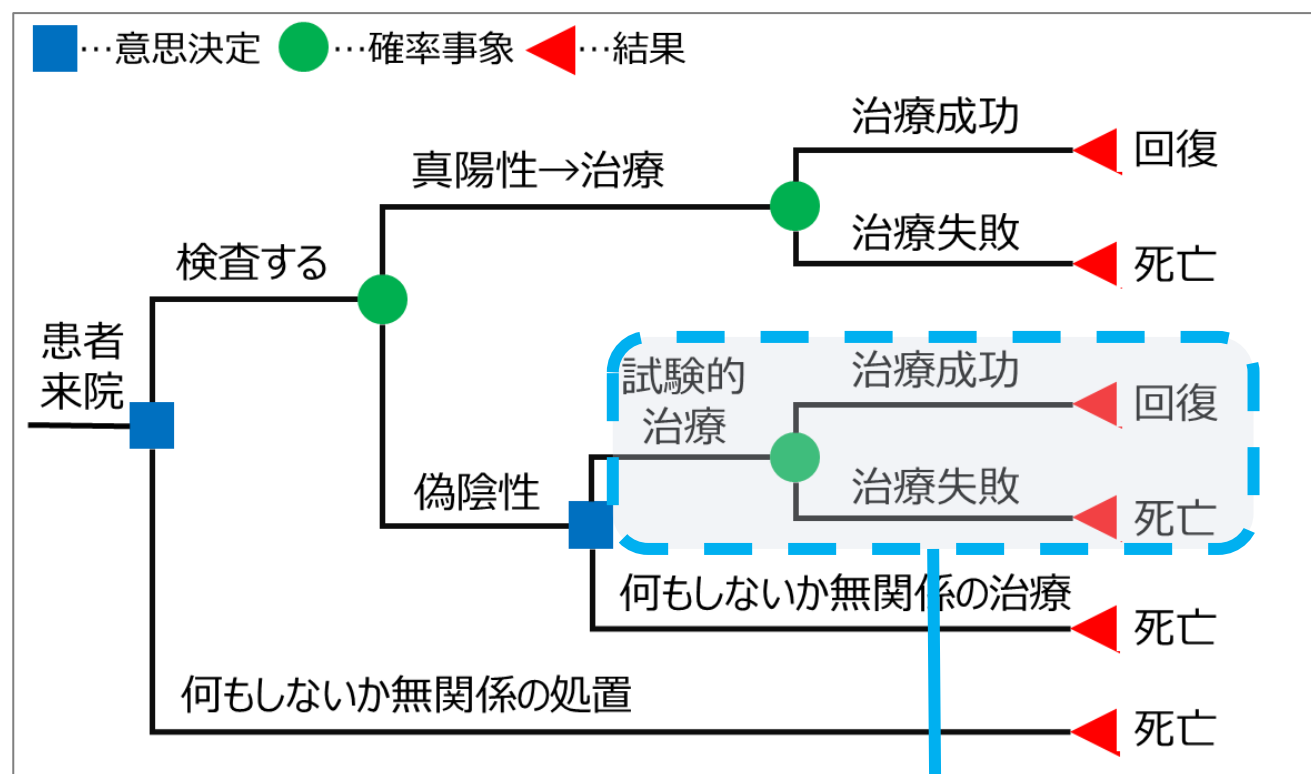
5 モデルのインプットの選択

6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

8 結果の評価

決定木分析の例：重症マラリアの患者に対する診断・治療



試験的治療ではなく、
「二回目の検査」かもしれない

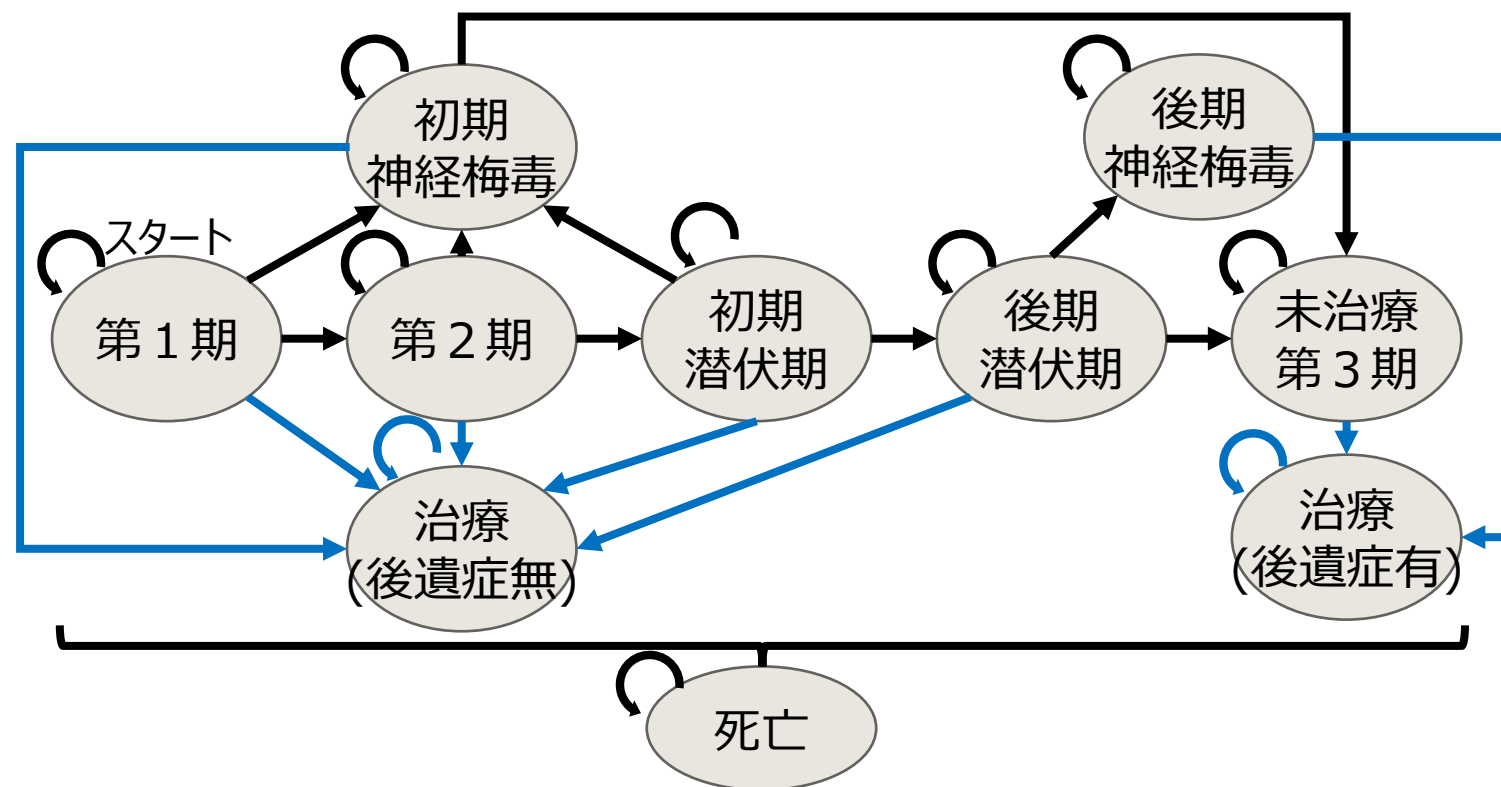
分析のプロセス③シミュレーションモデルの選択(例)

マルコフモデルではモデル化された人口が各状態を時間当たり確率で遷移する

- 1 問題の特定・目的の設定
- 2 アウトカムの設定
- 3 シミュレーションモデルの選択
- 4 シミュレーションモデルの設計
- 5 モデルのインプットの選択
- 6 複数の選択肢をシミュレーション
- 7 感度分析・シナリオ分析
- 8 結果の評価

マルコフモデルの例：梅毒の進行モデル(Lee et al. 2023)

→…病気進行 →…検査＆治療した場合



Lee K et al. Estimation of the Lifetime Quality-Adjusted Life Years (QALYs) Lost Due to Syphilis Acquired in the United States in 2018. CID. 2023;76(3):e810-e819. doi:10.1093/cid/ciac427

分析のプロセス⑤モデルのインプットの選択

構造化した要素関係やアウトカム指標に関する数値を既存のエビデンスから探す

1 問題の特定・目的の設定

2 アウトカムの設定

3 シミュレーションモデルの選択

4 シミュレーションモデルの設計

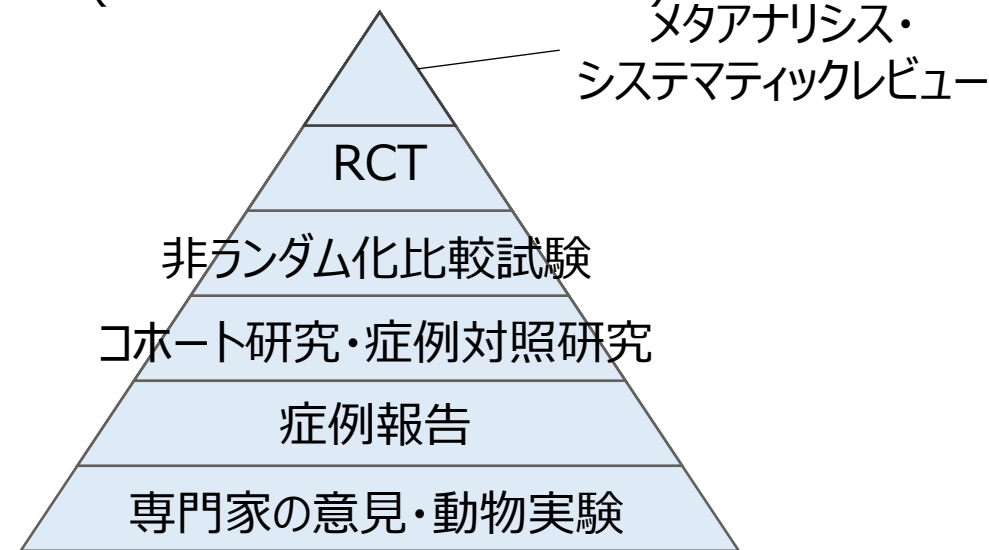
5 **モデルのインプットの選択**

6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

8 結果の評価

- 質の高いエビデンスを探す。ない場合もある
エビデンスに基づく医療におけるエビデンスの質の高さ
(Burns et al. 2011を参考)



- 質の高いエビデンスでも不確実性は存在
 - 例:95%信頼区間、四分位範囲→考慮する方法は後程

分析のプロセス⑤モデルのインプットの選択(例)

構造化した要素関係やアウトカム指標に関する数値を既存のエビデンスから探す

1 問題の特定・目的の設定

2 アウトカムの設定

3 シミュレーションモデルの選択

4 シミュレーションモデルの設計

5 モデルのインプットの選択

6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

8 結果の評価

梅毒の進行モデル(Lee et al. 2023)

パラメータ	値	[信頼区間]
第1期の期間(月)	0.7	[0.25-1.96]
第2期の期間(月)	3.6	[2.16-5.99]
治療後に神経梅毒から回復する月次確率	0.18	[0.12-0.28]
治療が失敗する月次確率	0.05	[0-0.1]
第1期中の効用の減少	-.006	[-.004- -.01]
...		
など		

分析のプロセスー⑥複数の選択肢をシミュレーション(例)

意思決定の選択肢をモデル上でシミュレーションする

1 問題の特定・目的の設定

2 アウトカムの設定

3 シミュレーションモデルの選択

4 シミュレーションモデルの設計

5 モデルのインプットの選択

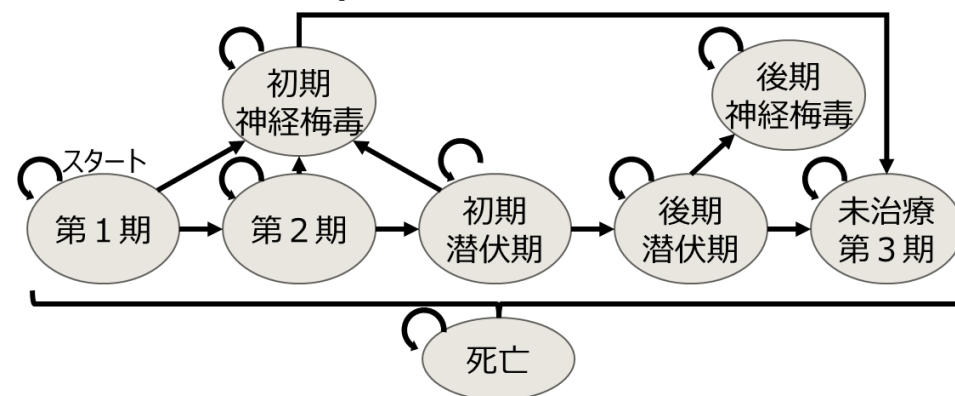
6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

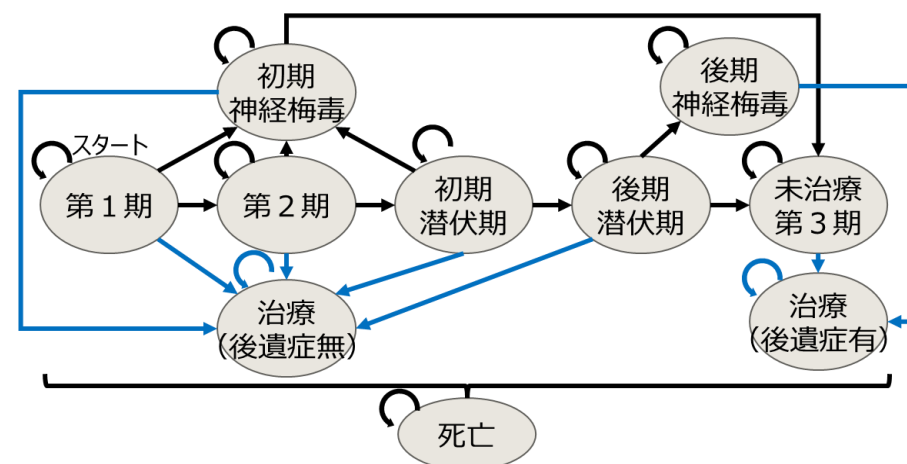
8 結果の評価

梅毒の進行モデル(Lee et al. 2023)

検査&治療
しなかった場合



検査&治療
した場合



分析のプロセスー⑦感度分析・シナリオ分析

複数の不確実性を考慮する

1 問題の特定・目的の設定

2 アウトカムの設定

3 シミュレーションモデルの選択

4 シミュレーションモデルの設計

5 モデルのインプットの選択

6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

8 結果の評価

- 不確実性をどう考慮するか
 - 確率的な不確実性：実際にやってみないと結果がわからない
 - シミュレーションする人数を増やす
 - モデルの不確実性：どんな構造かわからない
 - 複数のモデル構造を試す
 - パラメータの不確実性：インプットの値がわからない
 - ありえそうな値の範囲でパラメータを振って試行

分析のプロセス⑦感度分析・シナリオ分析(例)

パラメータの不確実性を考慮するために、限界値を試す方法と確率分布から試行する方法がある

1 問題の特定・目的の設定

2 アウトカムの設定

3 シミュレーションモデルの選択

4 シミュレーションモデルの設計

5 モデルのインプットの選択

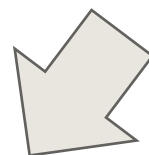
6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

8 結果の評価

- パラメータの不確実性を考慮する方法

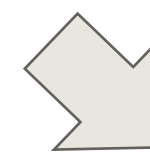
パラメータ	値	[信頼区間]
第1期の期間(月)	0.7	[0.25-1.96]
第2期の期間(月)	3.6	[2.16-5.99]



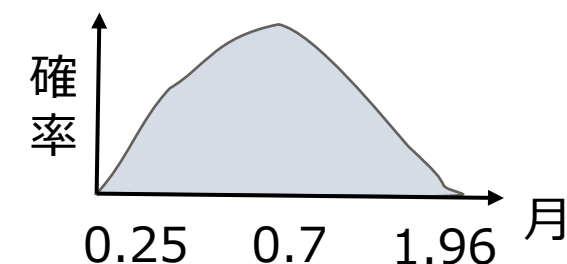
あり得そうな値の限界値を試す

値	[信頼区間]
0.7	0.25 1.96
3.6	[2.16-5.99]

アウトカムに幅が出てくる



確率分布をつくって試行



各試行ごとのアウトカム

分析のプロセス―⑧結果の評価

アウトカムとして出てきた効果と費用のトレードオフを複数の選択肢間で評価。
医療経済では費用対効果分析がよく使われる

1 問題の特定・目的の設定

2 アウトカムの設定

3 シミュレーションモデルの選択

4 シミュレーションモデルの設計

5 モデルのインプットの選択

6 複数の選択肢をシミュレーション

7 感度分析・シナリオ分析

8 結果の評価

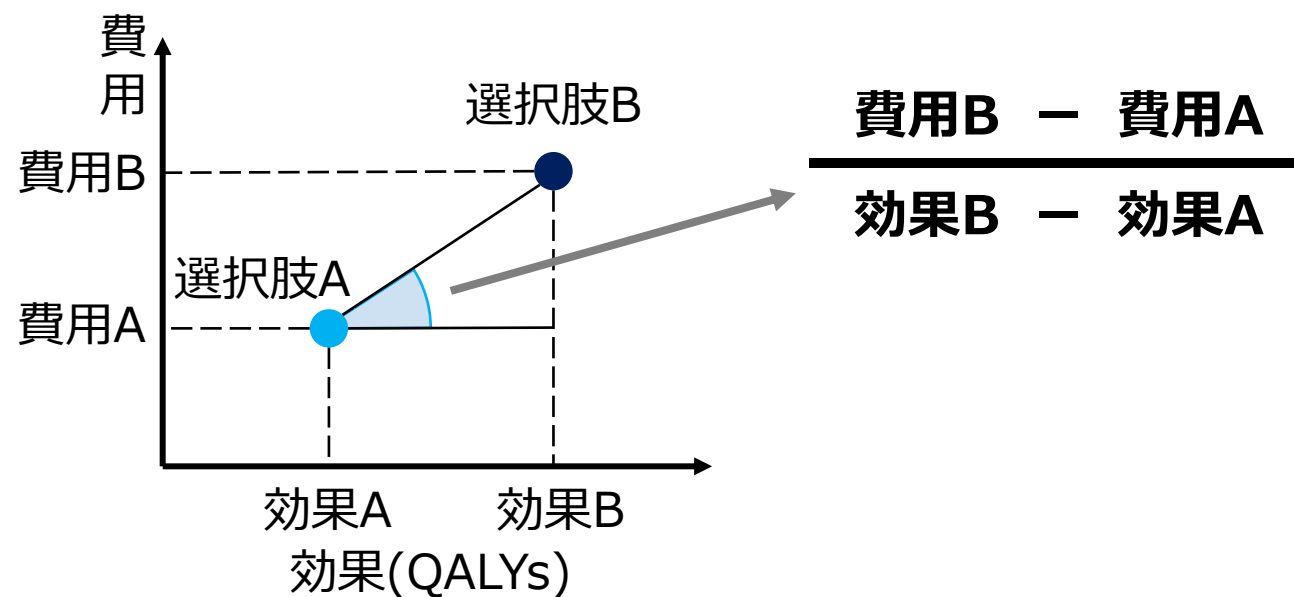
- 効果と費用のトレードオフを評価する(WHO 2003)
 - 費用最小化分析(Cost-minimization analysis)
 - 複数の選択肢の費用を比較。費用が小さいものを選ぶ。選択肢の効果が同程度である必要
 - 費用便益分析(Cost-benefit analysis)
 - 金銭的価値に換算した効果と費用の差を比較。差(利益)が大きい選択肢を選ぶ。効果を金銭的価値に換算することが難しくあまり使われない
 - **費用対効果分析**(Cost-effectiveness analysis)
 - **複数の選択肢を、効果の増分あたりの費用の増分で比較**

分析のプロセス⑧結果の評価

費用対効果分析では、追加効果 1 単位あたりの追加費用(ICER)が低いものを選ぶ

- 1 問題の特定・目的の設定
- 2 アウトカムの設定
- 3 シミュレーションモデルの選択
- 4 シミュレーションモデルの設計
- 5 モデルのインプットの選択
- 6 複数の選択肢をシミュレーション
- 7 感度分析・シナリオ分析
- 8 **結果の評価**

- 効果の増分に対し費用の増分が低い方がよい
 - 増分費用効果比(ICER)
= 選択枝の効果と費用をプロットした時の傾き



- 日本では、ICER=500万円以下/QALYが「費用対効果が良い」とされる

アジェンダ

1. 意思決定科学とは何か・どう分析するか

2. 意思決定科学を実際に体験してみる

3. 意思決定科学のユースケース

フライトの座席クラスを決める

先ほどの東京行きフライトでデルタを選ぶと仮定

→ One way ▾ 1 ▾ Economy ▾

☐ Boston ↔ ☐ Tokyo Sat, Apr 19

[All filters](#) [Stops ▾](#) [Airlines ▾](#) [Bags ▾](#) [Price ▾](#) [Times ▾](#) [Emissions ▾](#) [Connecting airports ▾](#) [Duration ▾](#)

Best ⓘ **Cheapest** from **\$546** ⓘ

Top flights

Ranked based on price and convenience ⓘ Prices include required taxes + fees for 1 adult. Optional charges and [bag fees](#) may apply. [Passenger assistance info.](#) Sorted by top flights ⬆️⬆️

	4:30 PM – 12:30 PM^{*2} Etihad	31 hr BOS–NRT	1 stop 8 hr 30 min AUH	1,154 kg CO2e +54% emissions ⓘ	\$578 ▾
	9:20 AM – 4:15 PM^{*1} Delta · Operated by Republic Airways Delta Conne...	17 hr 55 min BOS–HND	1 stop 2 hr 18 min DTW	854 kg CO2e +14% emissions ⓘ	\$739 ▾
	6:35 AM – 3:25 PM^{*1} Air Canada · United · Operated by Air Canada Expr...	19 hr 50 min BOS–NRT	1 stop 4 hr 50 min YUL	688 kg CO2e -8% emissions ⓘ	\$802 ▾

フライトの座席クラスを決める

三種類の座席クラスからどれを選ぶか

Booking options

Book with Delta Airline Hide options

Basic Economy	Delta Comfort+	Delta Premium Select
✗ No seat selection ✓ Standard seat ✗ Last to board ✗ No ticket changes	✓ Free seat selection ✓ Extra legroom ✓ Priority boarding ✓ Free change, possible fare difference	✓ Free seat selection ✓ Premium seat ✓ Priority boarding ✓ Free change, possible fare difference
✓ 1 free carry-on ✓ 1st checked bag free	✓ 1 free carry-on ✓ 2 free checked bags	✓ 1 free carry-on ✓ 2 free checked bags
Continue	Continue	Continue

フライトの座席クラスを決める

便宜上名前をつける

Booking options

Book with Delta Airline Hide options

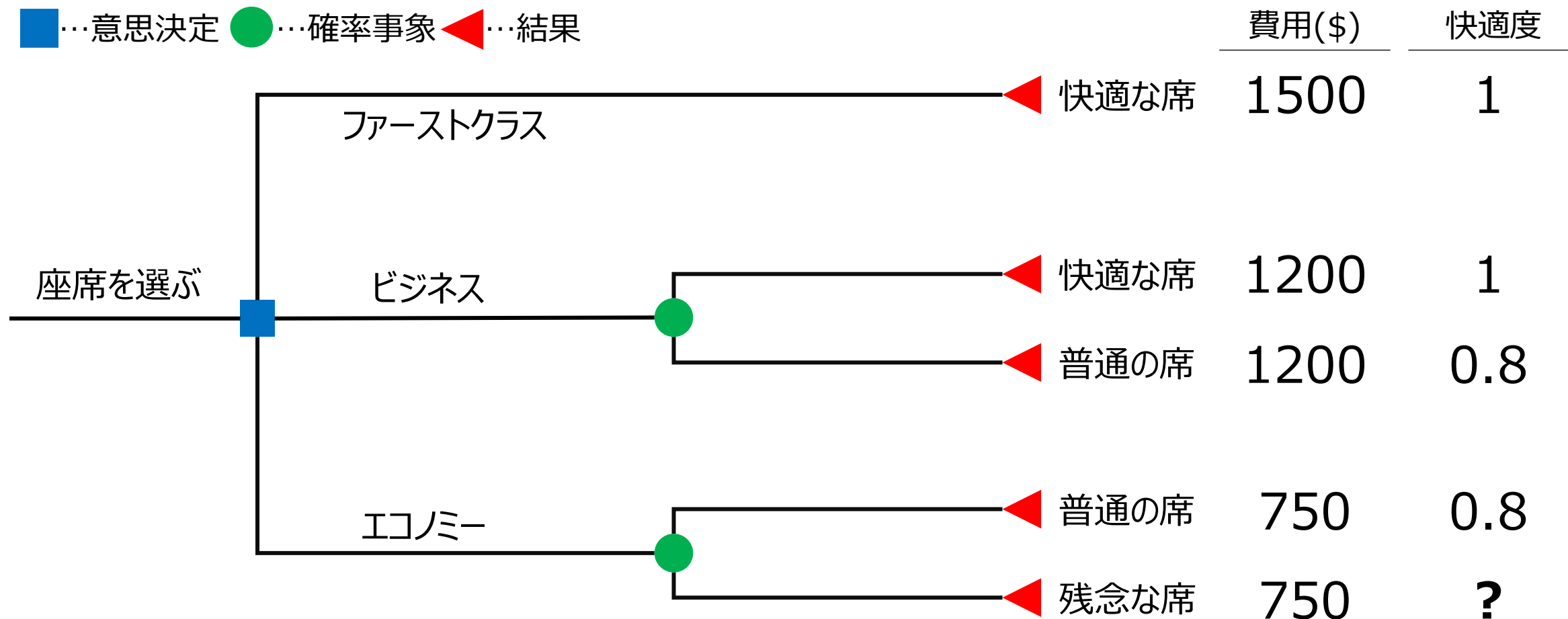
エコノミー \$750	ビジネス \$1200	ファーストクラス \$1500
✗ No seat selection ✓ Standard seat ✗ Last to board ✗ No ticket changes	✓ Free seat selection ✓ Extra legroom ✓ Priority boarding ✓ Free change, possible fare difference	✓ Free seat selection ✓ Premium seat ✓ Priority boarding ✓ Free change, possible fare difference
✓ 1 free carry-on ✓ 1st checked bag free	✓ 1 free carry-on ✓ 2 free checked bags	✓ 1 free carry-on ✓ 2 free checked bags
<button>Continue</button>	<button>Continue</button>	<button>Continue</button>

フライトの座席クラスを決めるー目的とアウトカム

- 意思決定に係る問題と目的
 - 18時間のボストンー東京間のフライトで、かけた費用に対し最も快適に過ごせる座席クラスを「エコノミー」「ビジネス」「ファースト」から選びたい
 - 普段なら「エコノミー」を選んでいるが、予算的にどのクラスでも払える
- アウトカム
 - 効果：快適度×時間＝Quality Adjusted Hour: QAHという指標を導入
 - 快適度を定義：「0＝空便キャンセル」～「1＝超快適！極上の空の旅」
 - 費用：フライト代
- 1QAH(＝「超快適！極上の空の旅」体験1時間)に対して\$120まで払ってもいい

フライトの座席クラスを決める一問題の構造化

■…意思決定 ●…確率事象 ◀…結果



フライトの座席クラスを決める一効用を測る

- 飛行機に乗るとごくたまに遭遇する「残念な席」
 - シートモニターが壊れている(実は解決策はある)
 - リクライニング倒せない
 - 充電できない など
- この「残念な席」の快適度によって意思決定は左右される…はず
- 「残念な席」の快適度を測る実験をしよう

残念な席の快適度を測る

「ある確率Pでファーストクラスに乗れる・飛行機に乗れない」抽選を選ぶことが可能とする。Pを少しずつ変えるので「どちらでもよい」と思ったときに挙手

残念な席

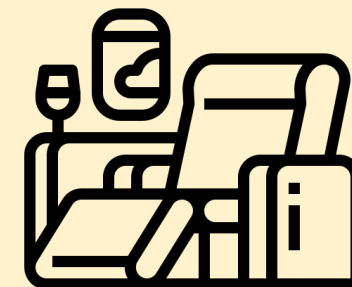
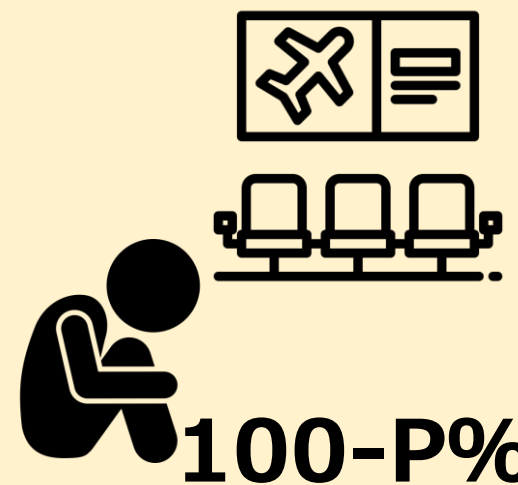
(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)



抽選

飛行機に乗れない

ファーストクラス



残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」と思ったときに挙手

残念な席

(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)



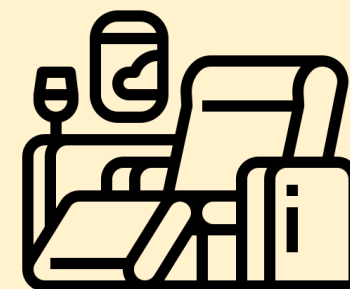
抽選

飛行機に乗れない



0%

ファーストクラス



100%

残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」と思ったときに挙手

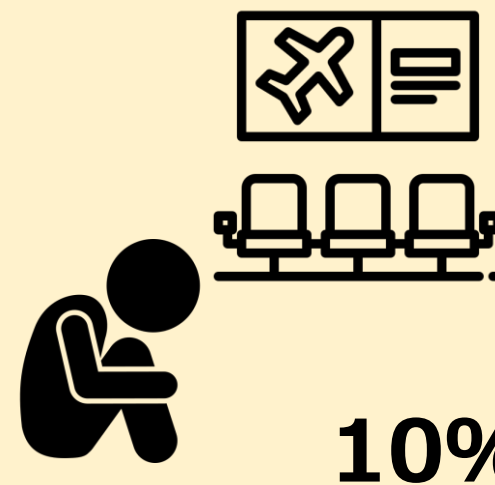
残念な席

(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)

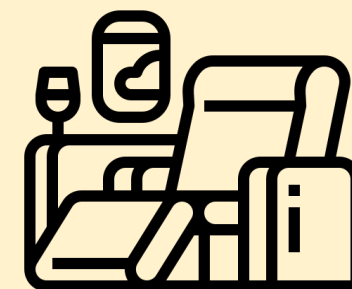


抽選

飛行機に乗れない



ファーストクラス



残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」と思ったときに挙手

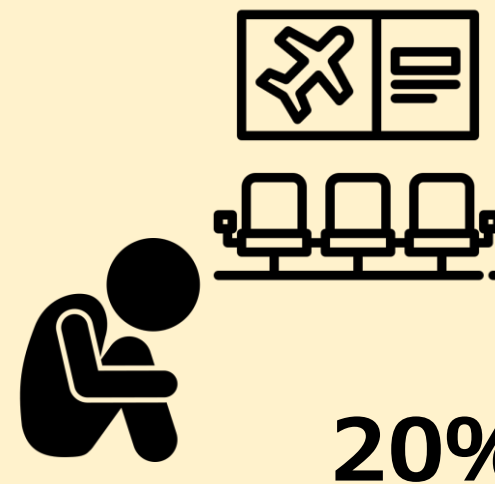
残念な席

(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)

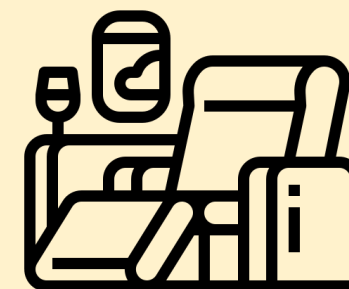


抽選

飛行機に乗れない



ファーストクラス



残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」と思ったときに挙手

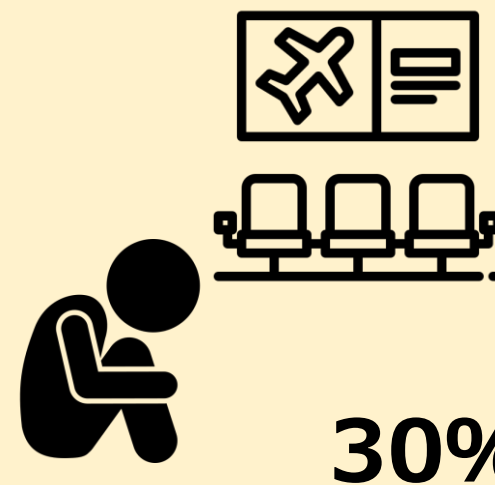
残念な席

(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)



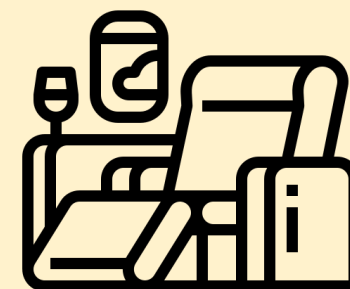
抽選

飛行機に乗れない



30%

ファーストクラス



70%

残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」と思ったときに挙手

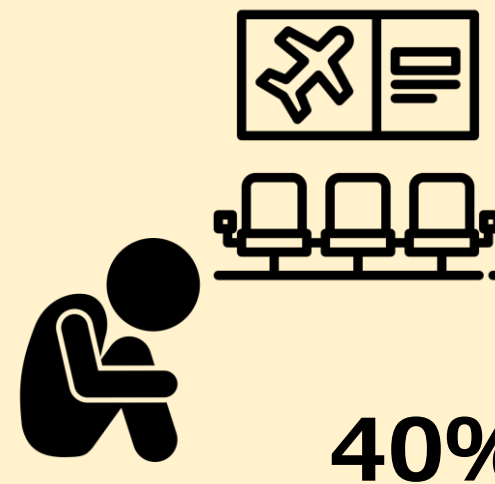
残念な席

(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)



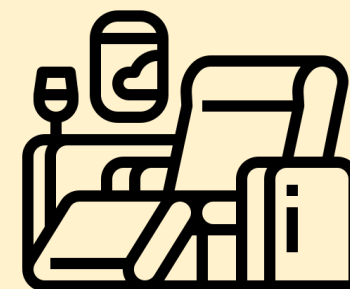
抽選

飛行機に乗れない



40%

ファーストクラス



60%

残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」と思ったときに挙手

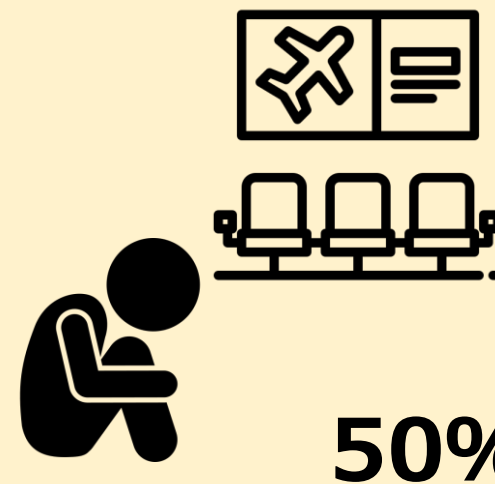
残念な席

(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)



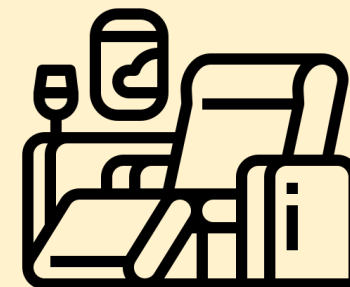
抽選

飛行機に乗れない



50%

ファーストクラス



50%

残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」と思ったときに挙手

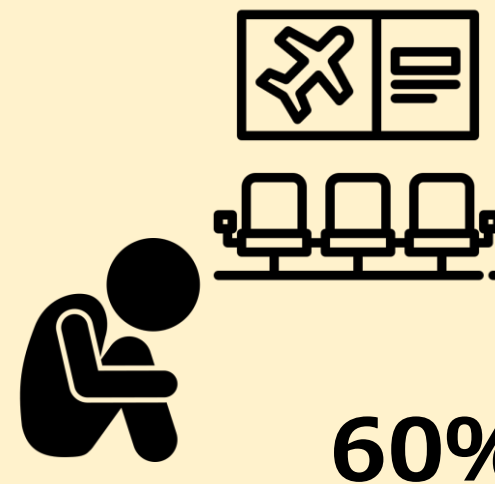
残念な席

(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)

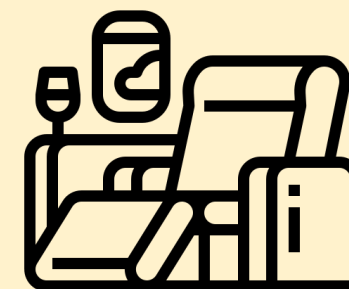


抽選

飛行機に乗れない



ファーストクラス



残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」と思ったときに挙手

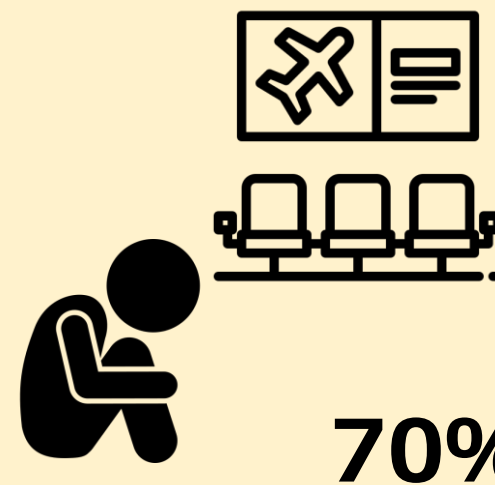
残念な席

(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)



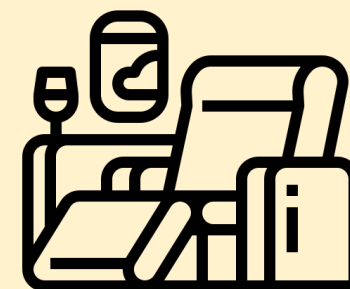
抽選

飛行機に乗れない



70%

ファーストクラス



30%

残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」と思ったときに挙手

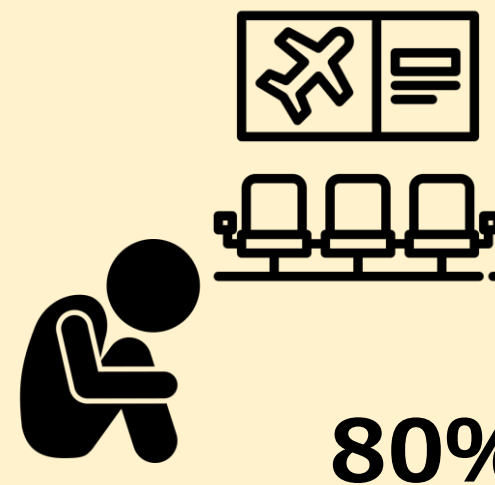
残念な席

(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)



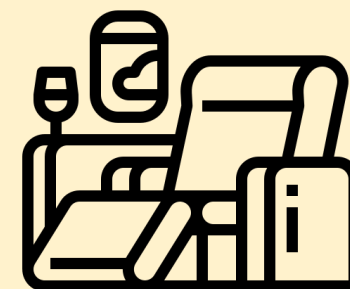
抽選

飛行機に乗れない



80%

ファーストクラス



20%

残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」と思ったときに挙手

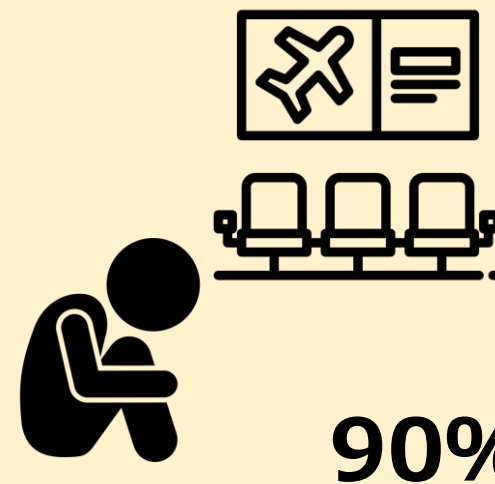
残念な席

(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)



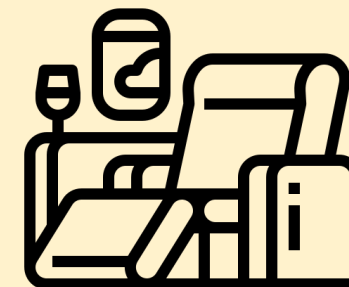
抽選

飛行機に乗れない



90%

ファーストクラス



10%

残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」と思ったときに挙手

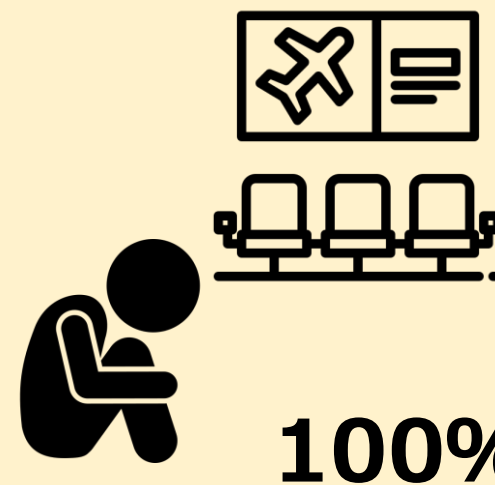
残念な席

(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)

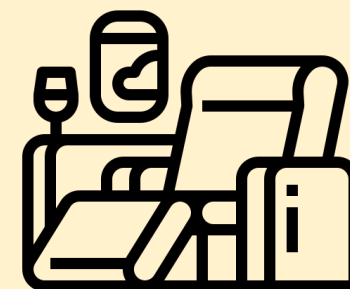


抽選

飛行機に乗れない



ファーストクラス



残念な席でも抽選でもどちらでもよい

残念な席の快適度を測る

「どちらでもよい」を選んだ時、残念な席の効用と抽選の期待値効用が一致する。
Standard Gamble Methodという

残念な席

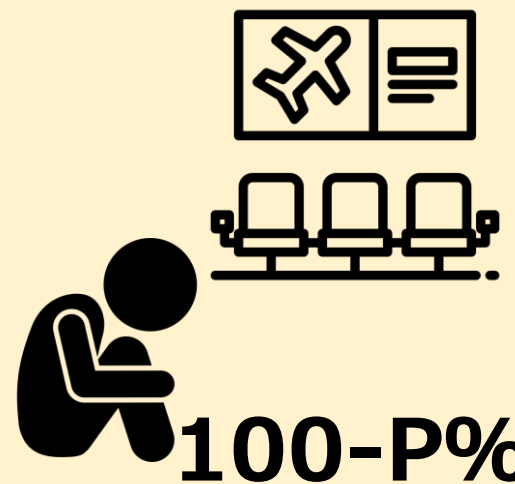
(モニターが壊れている、リクライニング倒せない、充電できない)



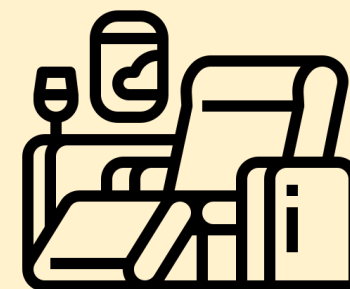
残念な席の快適度 $\times 100\%$

抽選

飛行機に乗れない



ファーストクラス

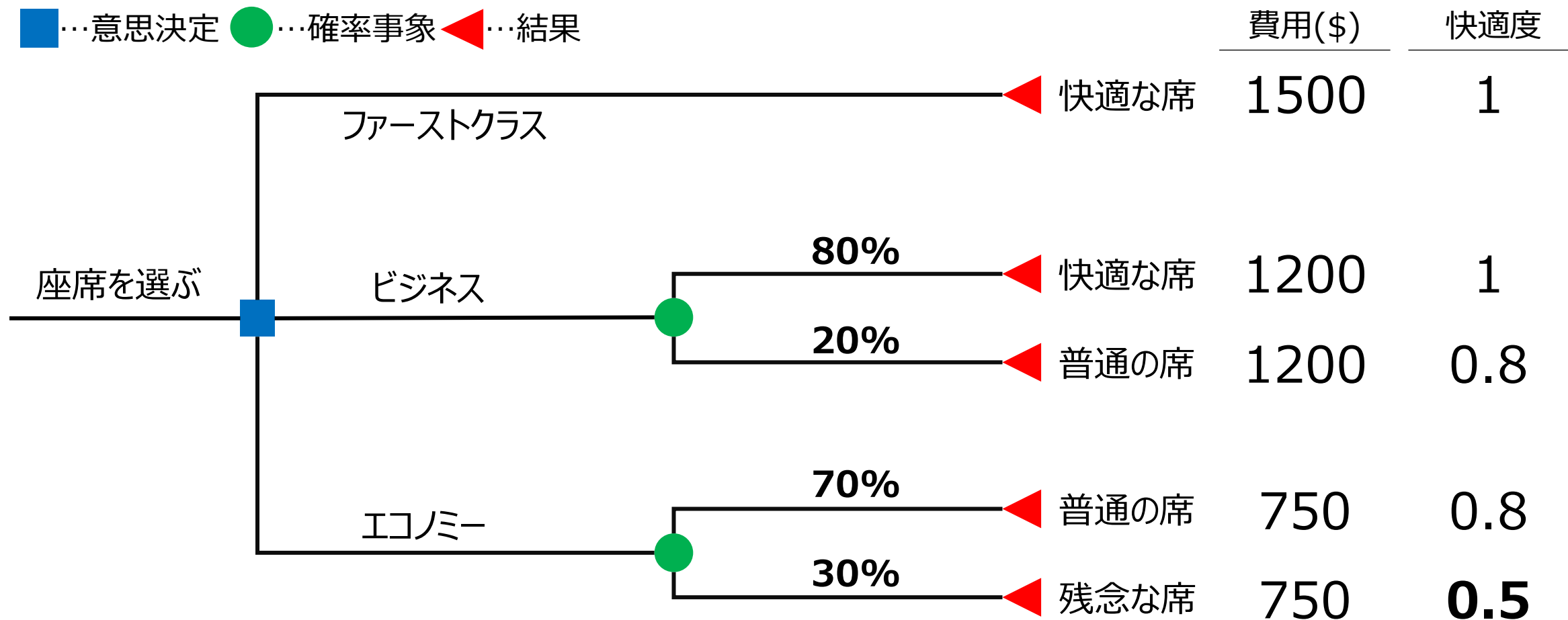


$$= 0 \times (100-P\%) + 1 \times P\%$$

フライトの座席クラスを決めるーインプットをあてはめる

これらの数値が得られたと仮定

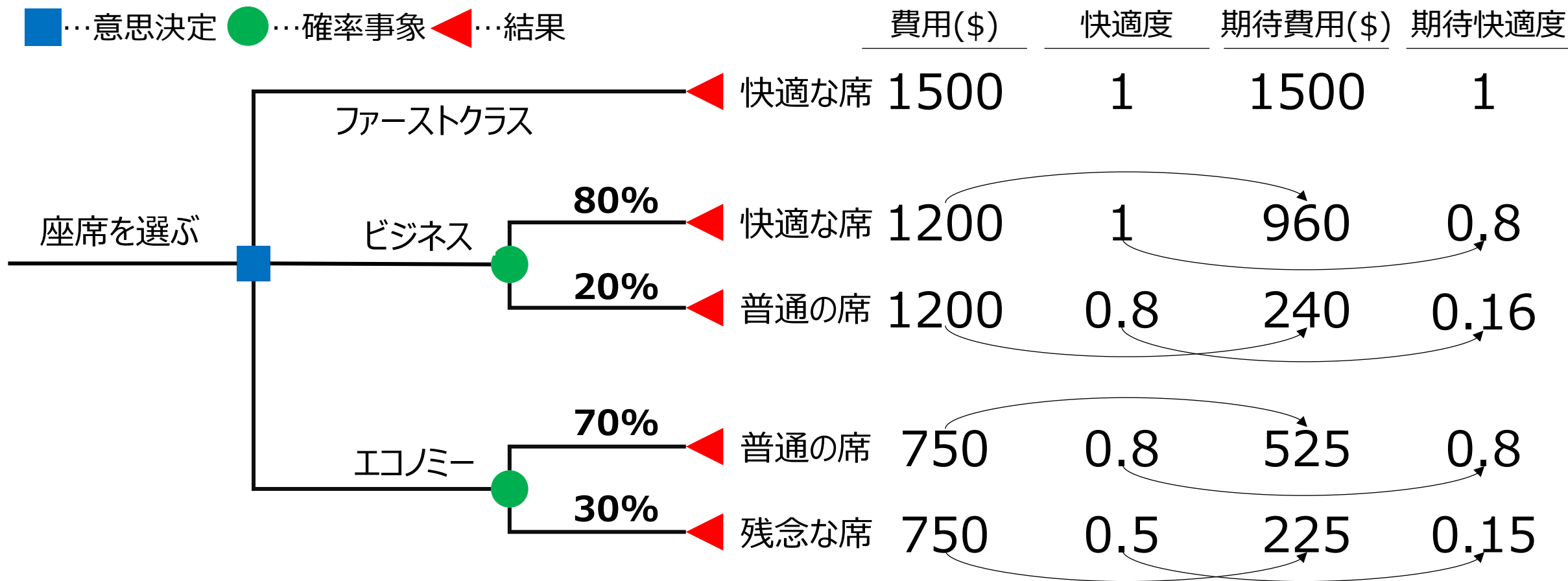
■…意思決定 ●…確率事象 ◀…結果



フライトの座席クラスを決めるーシミュレーション実施

費用と快適度の期待値を求める

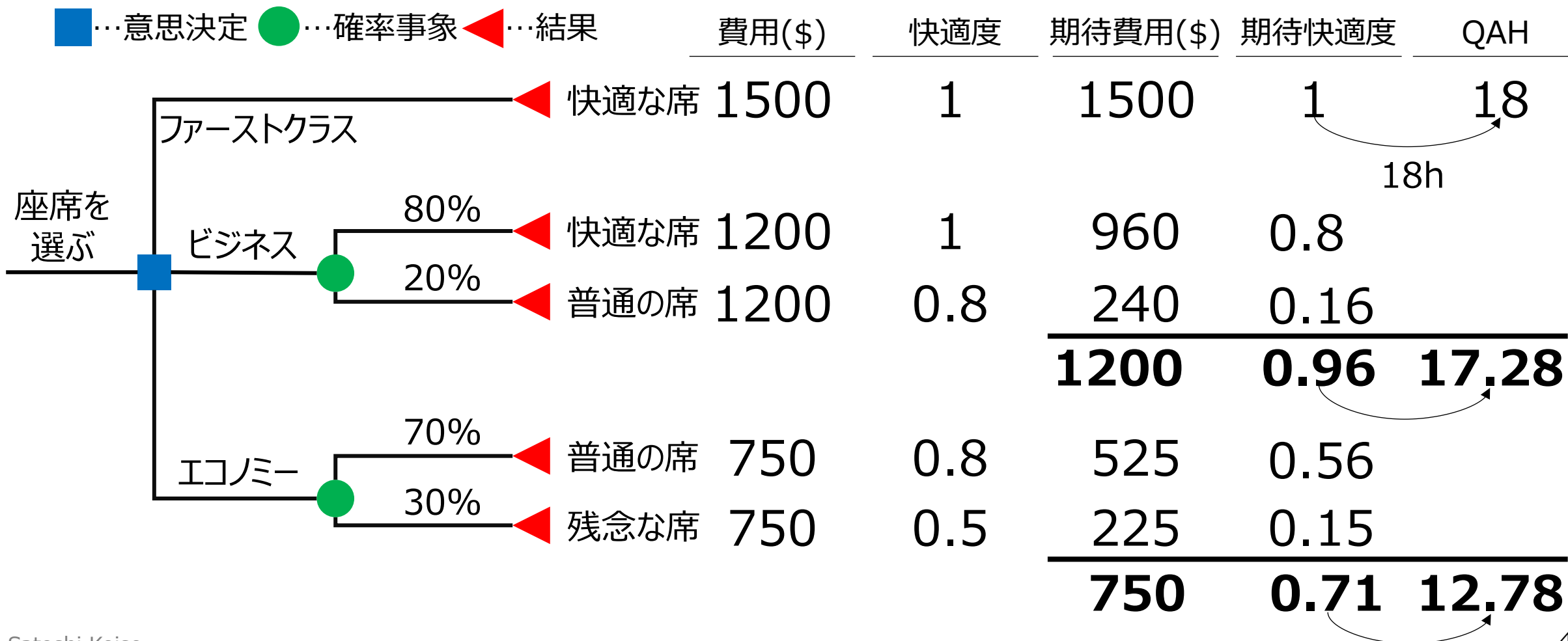
■…意思決定 ●…確率事象 ◀…結果



フライトの座席クラスを決めるーシミュレーション実施

期待値から各座席クラスのQAHを求める

■…意思決定 ●…確率事象 ◀…結果



フライトの座席クラスを決めるー結果を評価する

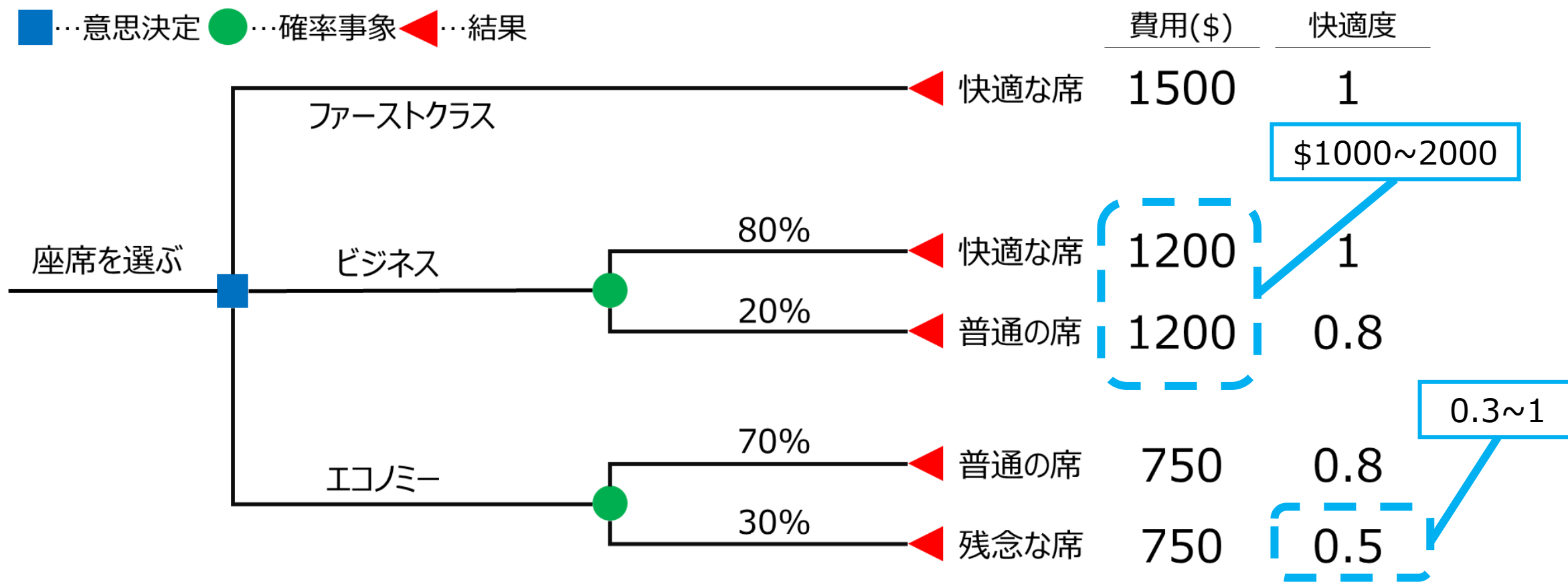
1QAHに対して\$120払ってもいいならエコノミーからビジネスに変えてもよい

座席クラス	費用(\$)	QAH	ICER(\$/QAH)
エコノミー	750	12.78	-
ビジネス	1200	17.28	100
ファーストクラス	1500	18.00	144

フライトの座席クラスを決めるー感度分析①

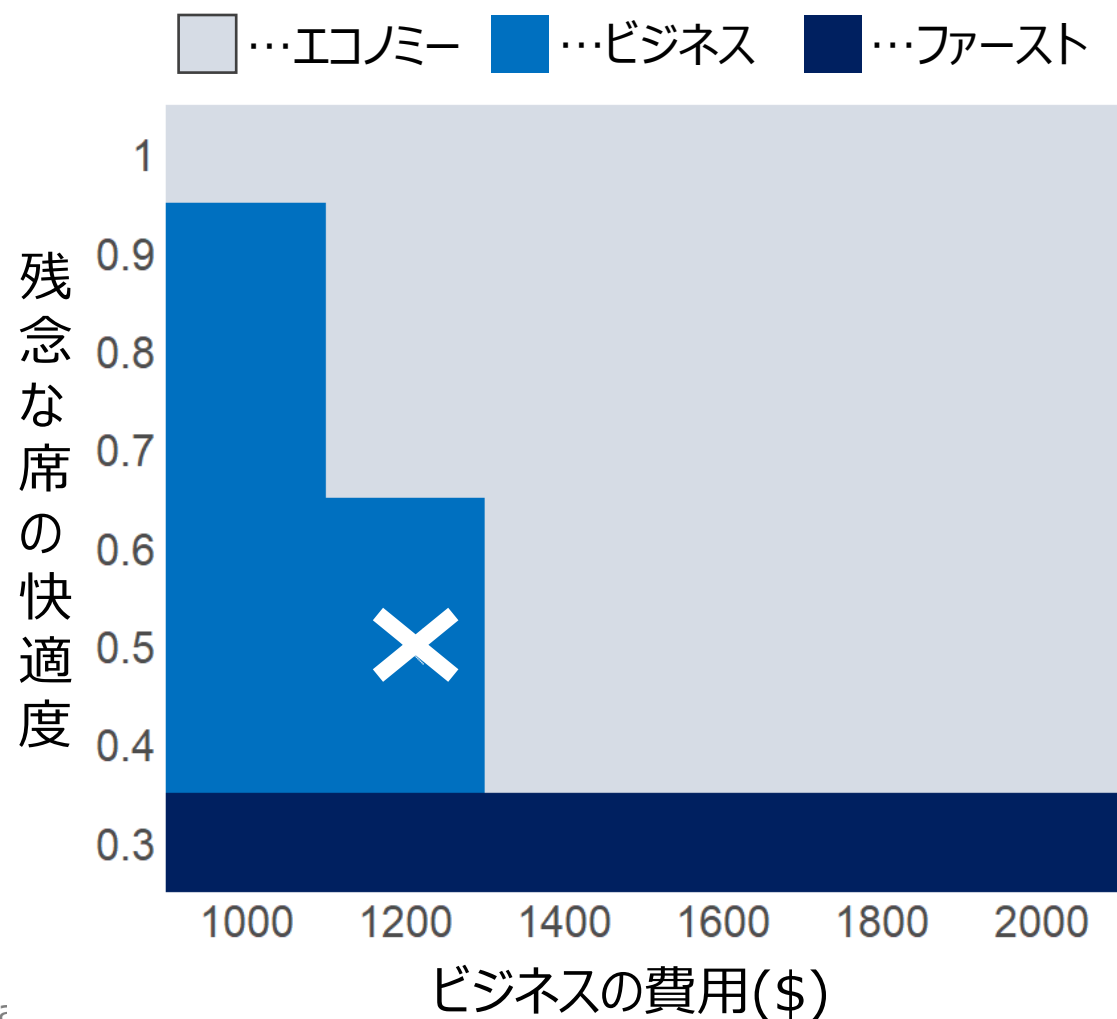
「残念な席」の快適度とビジネスクラスのコストによって、最も費用対効果が高い座席クラスが変わるのでは

■…意思決定 ●…確率事象 ◀…結果



フライトの座席クラスを決める一感度分析①

「残念な席」の快適度とビジネスクラスのコストによって最も費用対効果が高い座席クラスが変わる



- 「残念な席」の快適度が低い場合
 - ビジネスのコストに関わらずファーストクラスに乗るべし
- 「残念な席」の快適度が悪くなく、かつビジネスのコストが低い場合
 - ビジネスクラスに乗るべし
- それ以外
 - エコノミークラスに乗るべし

アジェンダ

1. 意思決定科学とは何か・どう分析するか

2. 意思決定科学を実際に体験してみる

3. 意思決定科学のユースケース

医療におけるユースケース

国レベルの検査・治療ガイドラインの策定・更新に寄与した事例

- 年齢別大腸がん検査のガイドライン(US Preventive Services Task Force 2021)
 - 米国予防医学専門委員会(US Preventive Services Task Force)
 - 一次診療における疾病予防のための検診や介入について、科学的根拠に基づいたガイドラインを示す、独立した専門家委員会
 - 大腸がん検査ガイドラインの更新にあたり、複数の検査開始年齢と検査方法の選択肢における、延命効果・予防可能な大腸がんの件数・大腸がんによる死亡回避数をシミュレーションによって評価することに
 - CISNET(Cancer Intervention and Surveillance Modeling Network:米・欧・豪の意思決定科学者・疫学者・医療経済学者などから構成されるコンソーシアム)に委託
 - システマティックレビューの知見も踏まえて、年齢別の検査ガイドラインを作成

医療におけるユースケース

国レベルの検査・治療ガイドラインの策定・更新に寄与した事例

- COVID-19ブースターガイドライン(Roper et al. 2024)
 - 予防接種実施に関する諮問委員会(Advisory Committee on Immunization Practices)
 - CDC内に設置された委員会であり、米国民に対するワクチン接種に関する助言を実施
 - 2024-2025年シーズンのブースター接種の推奨対象者を特定する分析を実施
 - ミシガン大学と共同で、ブースター2回・ブースター1回・ブースター未接種の場合の、臨床効果(感染者数・入院件数・死亡数・副反応件数)と費用をシミュレーションし費用対効果分析を実施
 - 各地病院やMedicareデータベースを使ったワクチン有効性の分析、文献レビューに基づく安全性分析も加味し、高齢者の2024-2025ブースター接種を推奨

医療保険制度におけるユースケース

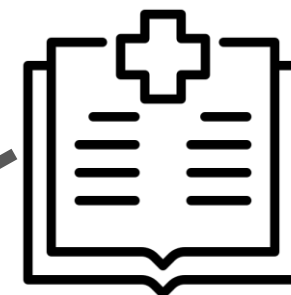
日本の保険診療で使用する医薬品の価格は厚生労働省が決定し、定期的に見直されている



調剤明細書の例

区分	項目名	点数	備考
調剤技術料	調剤基本料 1	42	
	調剤料 内服薬 (4日分)	28	
薬学管理料	薬剤服用歴管理指導料 (3月以内再度処方箋・手帳あり)	43	
薬剤料	バンサン錠 100mg 1日2錠×4日分	48	

薬価基準収載
品目リスト

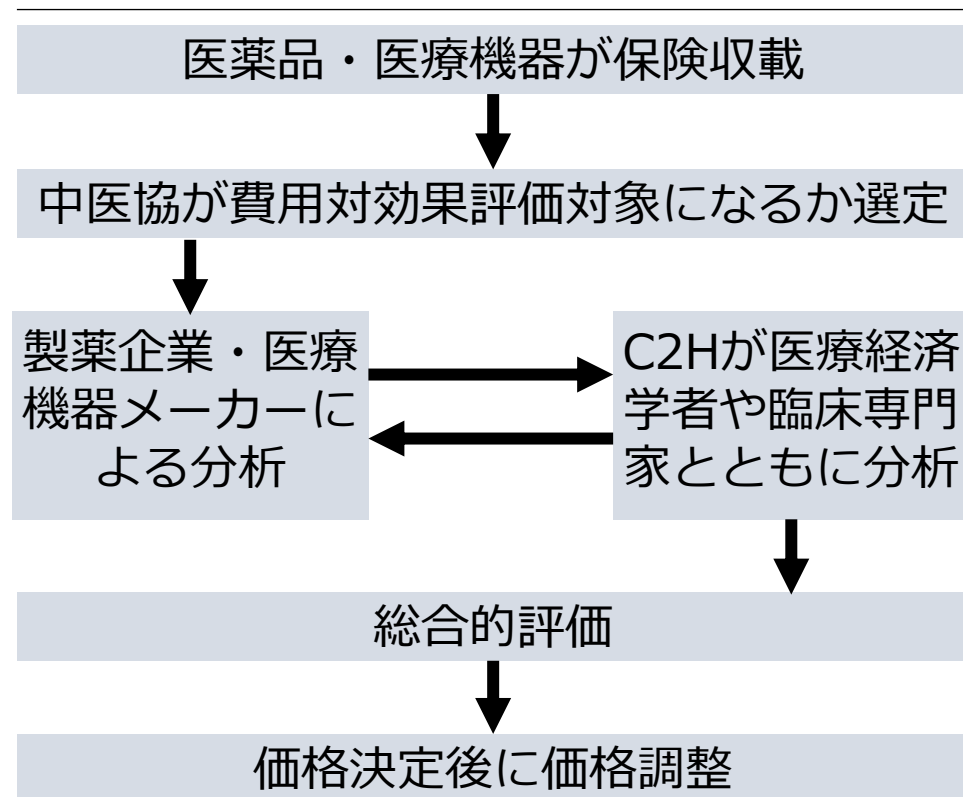


アメブロ：処方箋の薬、同じ薬でもコストコの調剤薬局が激安 | 栄養士ママそっち〜の簡単美味しいサイクル献立 <https://ameblo.jp/socchidiary/entry-12687858014.html>

医療保険制度におけるユースケース

2019年度より一部の医薬品・医療機器を対象に、保険収載後の価格調整のために費用対効果分析が活用されている

プロセス (厚労省2024を参考)



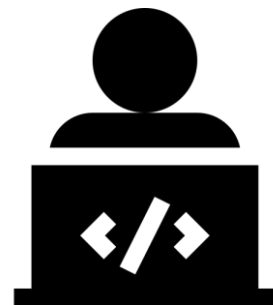
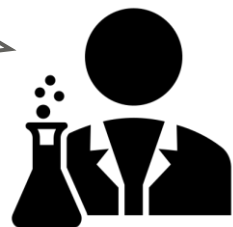
ポイント

- ・ 高齢化に伴う医療費の上昇に伴い2019年度より費用対効果評価制度が導入
- ・ 市場規模が大きい、または著しく単価が高い製品に限り実施
- ・ 企業の評価をC2H(国立保健医療科学院)が医療経済学者や臨床専門家らと共に検証・再分析
- ・ 総合的評価を経て、費用対効果の低い品目(500万円以上/QALY)は価格を引下・医療費削減に繋がる品目は価格を引上
- ・ 課題：評価できる人材が不足しており現時点で評価できる件数は10±製品/年。人材育成が必要

研究におけるユースケース

研究者と研究資金提供者は限られた予算に直面している。費用対効果が高い追加研究を計画することが可能

ある病気に対する治療A・治療B
のどちらが優れているのか既存の
研究では有意差が見られない。
AとBを比較する介入研究や
観察研究をするべきか？



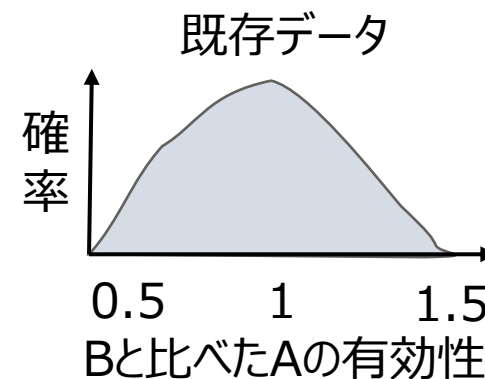
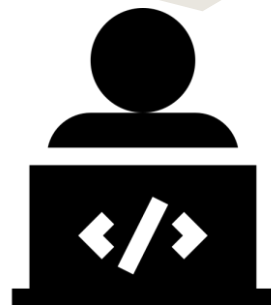
研究におけるユースケース

研究者や研究資金提供者が直面する意思決定に係る問いに対し、既存の情報からモデルを作成。問題となるパラメータの不確実性がなくなった時の価値を推定

ある病気に対する治療A・治療B
のどちらが優れているのか既存の
研究では有意差が見られない。
AとBを比較する介入研究や
観察研究をするべきか？



- 95%CI含む有効性
- 治療費用
- 治療による効用
- 新しい研究にかけても
よい費用 など

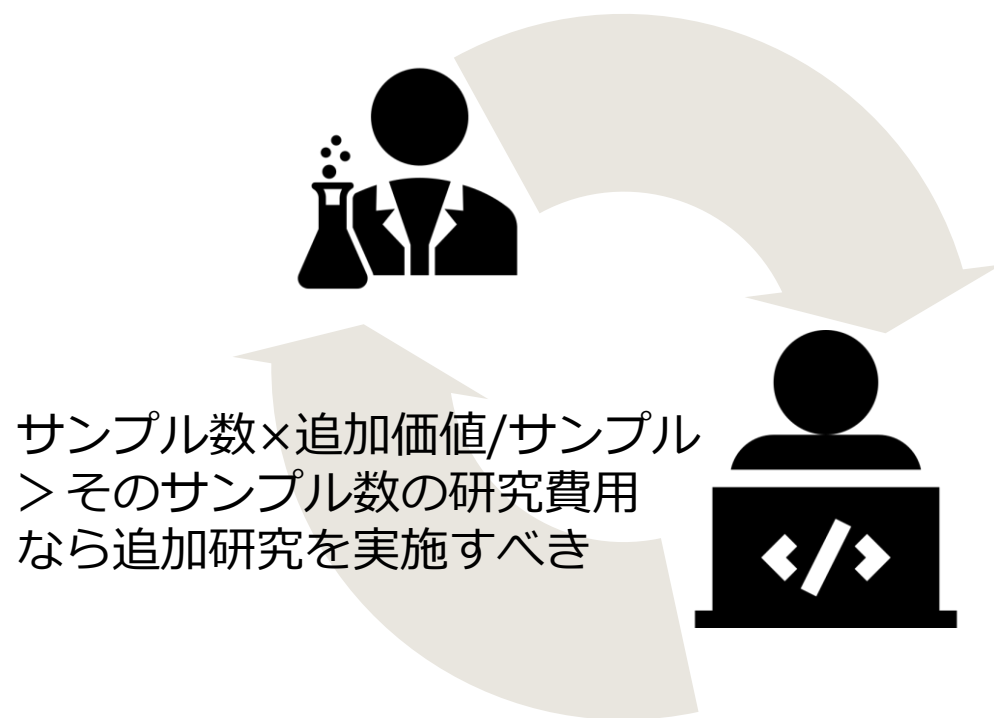


モデル作成～
何回も確率試行

情報を無限に集めて、有効性の数値
が完全にわかった(不確実性ゼロ)時
に**期待される価値**がわかる
→**追加研究を行うべきかの指標に**

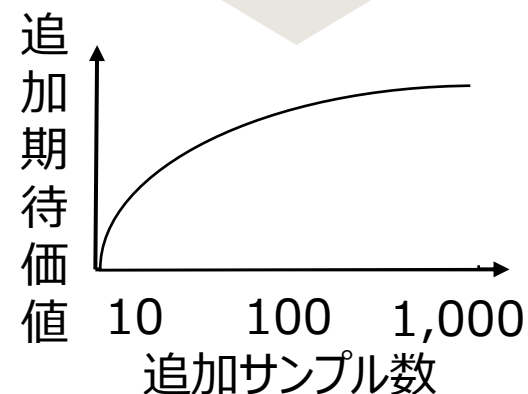
研究におけるユースケース

追加研究において、得られうる情報の価値が高くなるようなサンプル数を推定することができる



追加研究の意義があるとなった場合、
問：全数調査は不可能。どのくらいの
サンプル数を確保すればよいのか

モデル上で色々な
サンプル数を試す



特定のサンプルサイズの研究から得
られる追加情報の期待価値がわかる

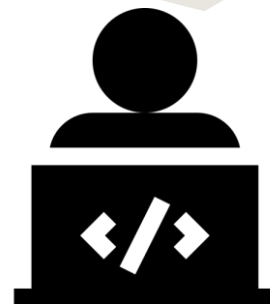
研究におけるユースケース

試験的に行った研究のデータから、更に追加の研究をした際の情報の価値を推定することができる

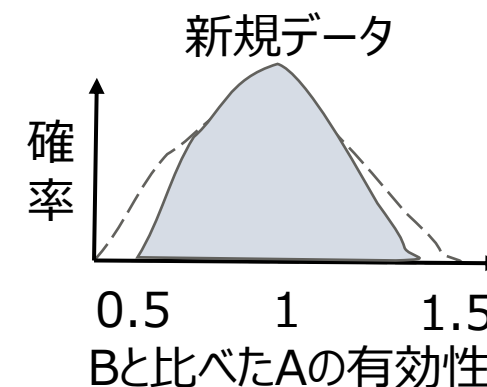
とりあえず100人のデータを
集めたけれど、まだ研究を続ける
べきなのか？



•新しく得られたデータ



不確実性が少し減った新規データで
再度モデルを回す



更に追加で研究をした時の追加情報の
期待価値がわかる

情報の価値分析
(Value of Information
analysis; VOI)

研究におけるユースケース

英国の国民保健サービス(NHS)で実施された情報の価値分析の事例

- 外科手術後の感染抑制を目的とした被覆材比較RCT(Reeves et al. 2019)
 - 手術後の感染抑制のために「単純な被覆材」「医療用接着剤を用いた被覆」「被覆なし」のどれが効果的かを調べる大規模RCTをすべきか
 - Phase A:メタアナリシスから得られた各被覆材選択時の術後感染抑制効果・被覆の費用・感染の費用・感染時の効用を元にモデルを作成
 - 「医療用接着剤」か「被覆なし」のどちらかが費用対効果が高いという結果に
 - 術後感染抑制効果の値の不確実性をなくすと £ 222/傷→ £ 23億/人口の追加価値
 - Phase B:約400人での試験的RCTを実施した結果でモデルを再計算
 - 「医療用接着剤」が最も費用対効果が高い確率が高い
 - 術後感染抑制効果の値の不確実性をなくすと £ 177/傷→ £ 18億/人口の追加価値

課題

意思決定科学はあくまでも意思決定を支援するツールに過ぎない

- モデルの前提や分析範囲が結果に影響を与える
 - モデルの前提条件、スコープ、パラメータの取り方によって、結果は大きく左右され得る
 - 個別具体の結果—「〇〇は費用対効果がある」といった結論—でなく、「〇〇が費用対効果を示すのは、△△や■ ■といった条件下である」といった前提や文脈に注目すべき
 - または、少し違う前提で実施した分析を比較し、それらの結果が類似している場合、結果の頑健性を示す手がかりとなる
- 効用は主観的かつ多様である
 - ある人にとって効用0.8と感じる状態は、別の人にとっては0.4と感じられるかもしれない
 - 効用評価は個人の価値観や経験に依存しており、本質的に主観的である
 - 代表値を使用して報告される学術論文は、あくまでも意思決定支援のための参考であり、決して意思決定そのものを代替するものではない

課題

意思決定科学はあくまでも意思決定を支援するツールに過ぎない

- 効用尺度の測定には根本的な問題がある
 - 効用値は通常 0 ～ 1 の範囲で定義され、連続的に表現される
 - しかし一度「0(=死)」に到達すると、そこから上昇することは現実的には不可能
 - 効用 0 を経験した人は効用測定に参加できないため、効用測定には構造的な限界がある

- 費用対効果分析の適用範囲を拡大するには現状では限界がある

医療

- 現在、日本では主に薬価や医療機器の価格調整に使われているが、医療行為にまで適用範囲を広げることは、現行制度のもとでは難しいと考えられる
- 費用対効果分析の結果によって価格が上昇する可能性も理論上はあるものの、実際には価格抑制の方向に働く影響の方が大きいと見られる
- 日本の多くの病院が経営難に直面している現状において、費用対効果分析を単独で推進すると、診療報酬が収入源となっている病院経営を更に圧迫する恐れがある。病院経営の改善に向けた、別の制度的アプローチや支援策を共に進めることが不可欠

課題

意思決定科学はあくまでも意思決定を支援するツールに過ぎない

- 費用対効果分析の適用範囲を拡大するには現状では限界がある
研究
 - 基礎研究や社会実装まで時間がかかる分野では情報の価値分析を適用しづらい。基礎研究や創薬初期段階などでは実装までに長いタイムラグがあり、不確実性が大きく推計精度も低下
 - 経済的採算性だけで評価すべきではない研究もある。稀少疾患や難病など対象人口が小さい場合は情報の価値分析での評価が過小になると思われる。また、純粋な科学の発展のために行う研究も経済的合理性がなくても行うべきではないか

まとめ

- 意思決定科学は、効果・費用・不確実性を定量的に整理し、最適な選択肢を導くための学際的な手法
- 医療分野では、検診ガイドラインの策定や薬価の見直しなど、政策の意思決定の補助として活用されている
- 分析の結果は唯一の正解ではなく「どの条件下で、どの選択が合理的か」を整理したもの。意思決定の対話や合意形成を支援するための「道具」として使うことが重要

An abstract graphic on the left side of the slide, consisting of several white, thin-lined geometric shapes. These shapes are primarily triangles and quadrilaterals, some of which are nested or overlapping, creating a complex, layered effect. The lines are white and stand out against the dark blue background.

ご清聴ありがとうございました