

第31回 JUSEパッケージ 活用事例シンポジウム

重点指向に基づく局所的因果分析

～局所的因果分析としての選抜型両側因果分析～

”シンプルな因果構造は重点指向のアプローチで”

局所とは全体の中のある**限られた部分**のこと

慶應義塾大学 高橋武則

ベストの地図はどれか → 目的による

シンプルな因果構造は重点指向アプローチで

使用目的

駅まで車で最速ルート
が知りたい

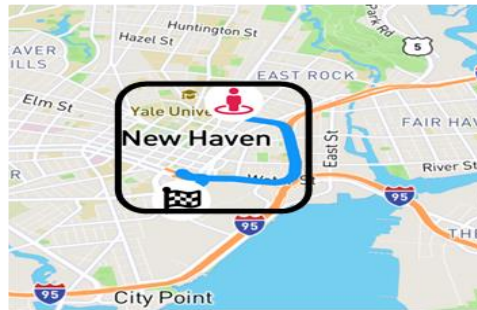
相応しい地図

局所図(経路図):虫瞰図
が便利

強力な因果分析手法SEM

[広視点]

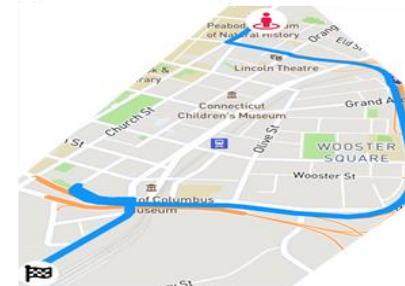
鳥瞰図



(1) 広域図
(Full-SEM)
本SEM

[中視点]

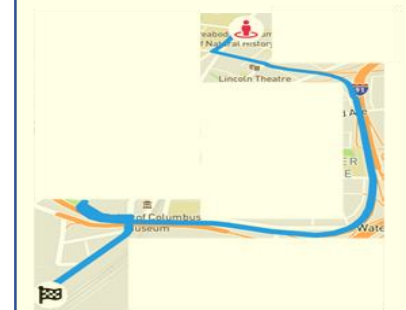
獣瞰図



(2) 中域図
(Quasi-SEM)
準SEM

[狭視点]

虫瞰図



(3) 局所図
(Limited-SEM)
限定SEM

SEM (Structural Equation Modeling) : 構造方程式モデリング

講演は以下の 2 部構成で説明

① 先ず、高橋が**局所的因果分析**の概念（考え方と分析法）を説明

＊因果分析法の名称は**選抜型両側因果分析**

・ 重点指向とは， ・ 選抜とは， ・ 両側＝表側＋裏側とは

② 次に、**川崎先生**がアンケート事例を用いて具体的に説明（別講演）

＊主に使用する 3 種類の手法の使い方もデモで解説

・ 主成分分析， ・ 因子分析， ・ 回帰分析

※**両側因果分析**は

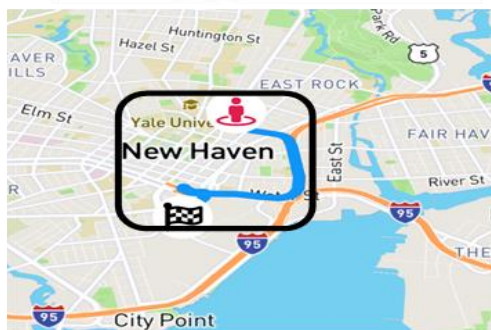
DCA（Dual-side Causal Analysis）の 3 文字表示を用いることがある。

SEM（Structural Equation Modeling）：構造方程式モデリング

ベストの地図は一意には決まらない → 地図には縮尺がある → 地図使用の目的は何か？

[広視点]

鳥瞰図

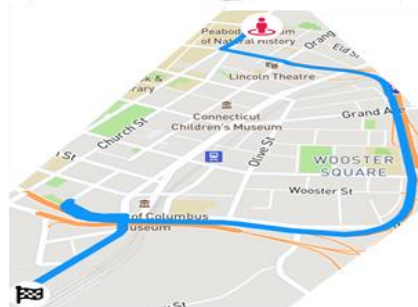


(1) 広域図
(Full-SEM)

本SEM

[中視点]

獣瞰図



(2) 中域図
(Quasi-SEM)

準SEM

[狭視点]

虫瞰図



(3) 局所図
(Limited-SEM)

限定SEM

情報がとても多い

広域図（全域図）が常にベストとは限らない。



情報が特化している

局所図（経路図）の方が便利であるということがある。

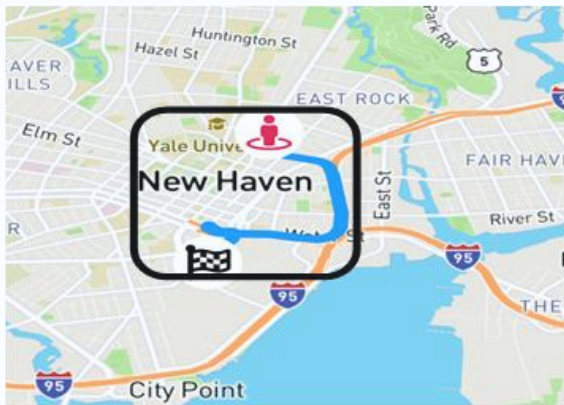
図 因果分析と視点（縮尺）の異なる3枚の地図

SEM (Structural Equation Modeling) : 構造方程式モデリング

駅まで車で最速で行きたい → **局地図（経路図）** が便利

CS向上のために何に手を打つべきか？ → **局所図（経路図）** 的なものが便利なのことがある

[広視点]
鳥瞰図



(1) 広域図
(Full-SEM)

SEM（構造方程式モデリング）

は情報が多くて優れているが

* 作るのがたいへん

* 読むのもたいへん

単純明快なものはないか？

* 作るのも簡単

* 読むのも簡単

広域図よりも **局所図（経路図）**

局所図 = 選抜型両側因果分析

[狭視点]
虫瞰図



(3) 局所図
(Limited-SEM)

広域図 (鳥瞰図:birds' eye) と局所図 (虫瞰図:worms' eye)

★比喩的説明

【広域図】は様々なことが分かる。

- ★ハイウェイと普通道が分かる。
- ★町並みの様子が分かる。
- ★駅への様々な行き方が分かる。

これに特化

・車で駅への最速ルート

※ただし最短ルートではない。

・距離が最短ルート

※ただし最速ルートではない。

・道が混まないルート

・コストが安いルート

* 海がある。

* 川がある。

* 運河がある。

* 岩山がある

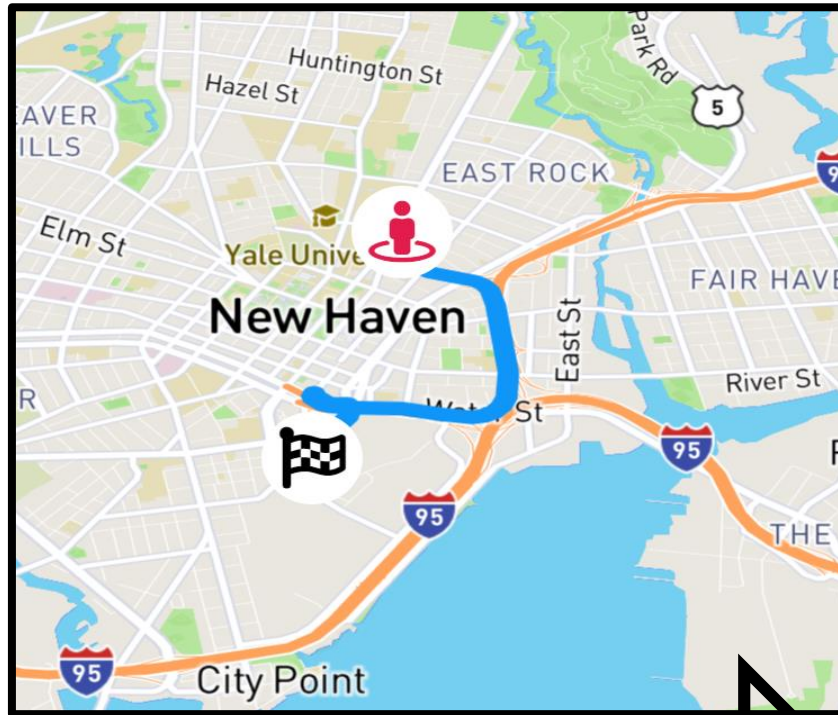
この場合【局所図】が便利

例えば、以下のものが目的であるならば

・車で駅への最速ルート

それに特化した【局所図】が便利である。

広域図



★車で駅に行く
最速ルート

【重点指向】
必要なものに特化

局所図



★街中を避けて
ハイウェイ利用

本講演の概要

CS(顧客満足度)調査の目的は次の2つ各々に適した因果分析法がある.

目的①「CSに関する因果構造の全貌の把握」

俯瞰的因果構造の把握が必要で鳥瞰図的な因果分析SEMが有効

目的②「CS向上のために手を打つべき対象の特定」

局所的因果構造の把握が必要で虫瞰図的な因果分析DCAが有効

目的②の場合には, 資源(人, 物, 金, 時間)は有限なために
「重点指向」(Vital few and trivial many)が鍵となる.



シンプルな因果構造はシンプルなアプローチで

本研究は目的②に立脚して「重点指向」に基づき

* 主成分分析(表側因果分析), * 因子分析(裏側因果分析), * 回帰分析を用いて
手を打つべき対象(主要原因項目, 根本原因としての背後の因子)の特定方法を議論する.

まずは「考え方」と「理論」の概要

DCA（両側因果分析）に用いる考え方

重点指向（Vital few and trivial many）

DCA（両側因果分析）に用いる3つの統計的手法

[A]**主成分分析**, [B]**回帰分析**, [C]**因子分析**

※分析は統計ソフトで簡単に行うことができる。

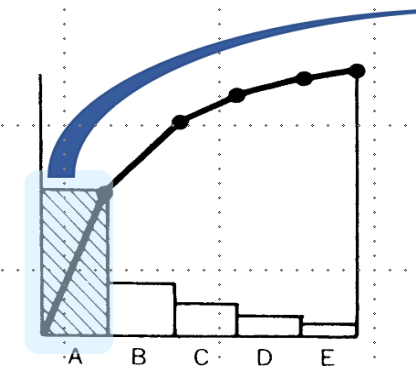
問題解決・課題達成における

重点指向とは

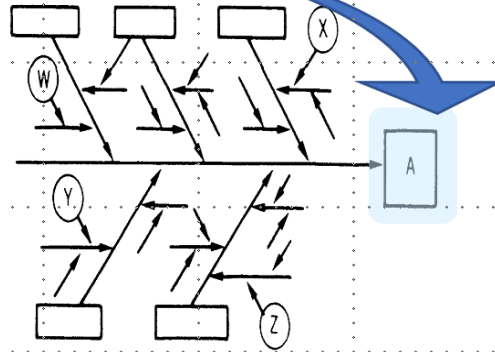
資源（人，物，金，時間）には限界があるので重要なものに集中投入する。

重点指向：Vital few and trivial many

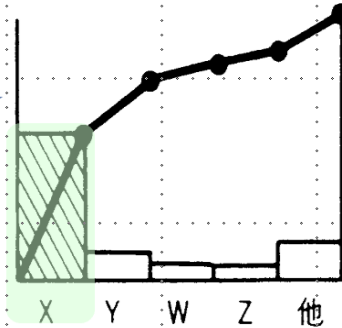
※資源（人，物，金，時間）は限られているのでターゲットを絞って効率的に進める。



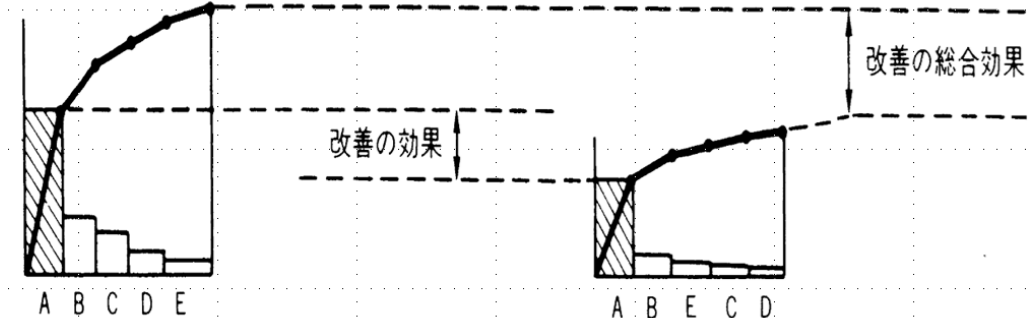
(1)対策前の
結果系パレート図



(2)特性要因図



(3)分析段階の
原因系パレート図



(4)対策後の結果系パレート図

すべてに手を出さない。

結果系の**重要問題**として**A**を選択する。
他の問題はとりあえずパスする。

すべてに手を打たない。

原因系の**重要原因**として**X**を選択する。
他の原因はとりあえずパスする。

★【重点指向】→**大胆に絞り込む**のでそれに伴い**精緻さは犠牲になる**

これより両側因果分析を説明するが これには適用限界があることに注意

適用対象：非連鎖型(非ドラマ型) &放射型(非網状型)

★シンプルな因果構造

多段階の因果連鎖 (ドラマ) なし

&放射型因果構造：非網状型 (非ネットワーク型) 因果構造

そして,

★【重点指向】→大胆に絞り込むのでそれに伴い精緻さは犠牲になる

両側因果分析の適用限界の注意

適用対象：非連鎖型(非ドラマ型)&放射型

★シンプルな因果構造

(多段階の因果連鎖(ドラマ)のなし & 放射型因果構造)

適用対象：連鎖型(ドラマ型) & 網状型

★複雑な因果構造

(多段階の因果連鎖(ドラマ) あり & 網状型(ネットワーク型)因果構造)

→ * SEM(構造方程式モデリング)

* GM(グラフィカルモデリング)

が適している

両側因果分析の適用限界：多段階の因果連鎖なし(非連鎖型) & 放射型因果構造

因果連鎖：ある結果が次の原因となり，その結果が更に次の原因と続いていく状態

因果連鎖とは

多段階の因果連鎖
→ ドラマ型因果構造



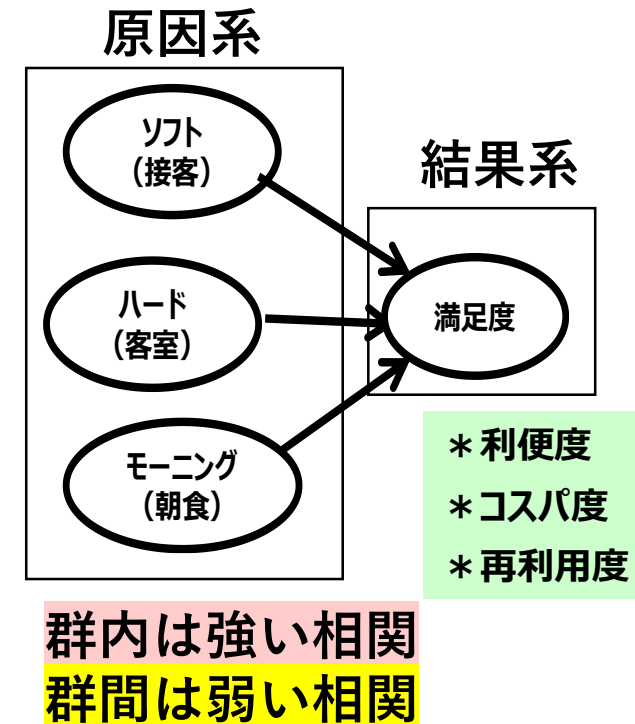
放射型因果構造

- * 原因系は群を構成する。
- * 原因系の群内の相関は強い。
- * 原因系の群間の相関は弱い。

因果連鎖なし (非ドラマ型) & 放射型因果構造の特徴

- ・ 結果の項目は多数 (多面的な満足の評価)
- ・ 原因の項目は多群で多数 (多数の原因)
- ・ 群内は相関が強く群間は相関が弱い
- ・ 時間的順序はあるが因果連鎖(前が後に影響)が起きることはまれ

【例】ビジネスホテルの場合

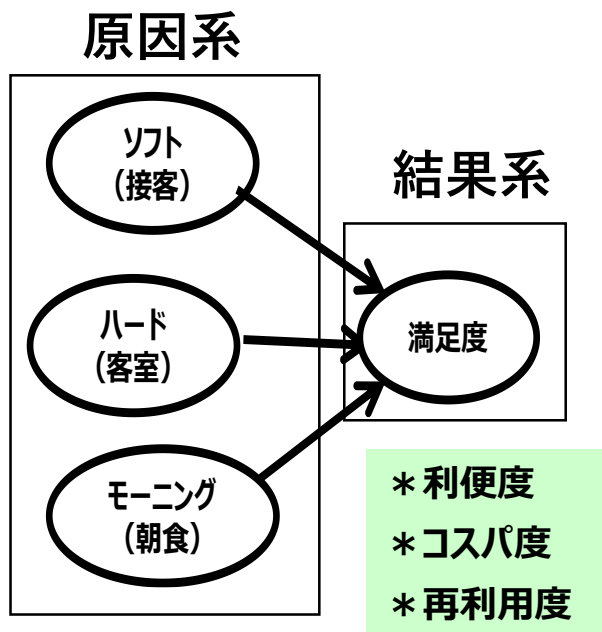


具体的な例をあげると以下のようなものがある。

- * コンビニやスーパーやデパートでの買い物
- * コーヒーチェーン店での飲食やファーストフード店での飲食
- * ビジネスホテルの宿泊, * スマートフォンの使用
- * アミューズメントパークの利用
- * 医療機関での初診, * 医療機関での短期の通院や治療
- * 短期の教育・訓練 (各種セミナーなど)

シンプルな因果構造は重点指向のアプローチで

【例】ビジネスホテルの場合



群内は強い相関

群間は弱い相関

* 結果系の項目が複数あっても主成分で要約すればよい。

- ・ 多くの場合は第1主成分だけで十分であり、まれに第2主成分を使うこともある。

* 多数の原因系の項目は以下の複数の群に分類が出来る。

- ・ 群内の項目（同一の群の中の項目）は相関が強い。
- ・ 群間の項目の間の相関は弱い。

重点指向の観点では群間の相関は気にしなくてよい。

【注】SEMやGMでは群間の項目の間の相関にも注目して全体の因果構造を把握する。

* 時間的順序はあるが因果連鎖(前が後に影響：ドラマ)が起きることはまれ
⇒ 群内も群間も非連鎖型（＝非ドラマ型）の因果構造として扱う。

易しい例で概要説明

ビジネスホテルにおける満足度調査

シンプルな因果構造の例

適用対象：非連鎖型(非ドラマ型)&放射型

★シンプルな因果構造

(多段階の因果連鎖(ドラマ)のなし & 放射型因果構造)

書籍の表紙の図が本質(重点指向と可視化)を表現している

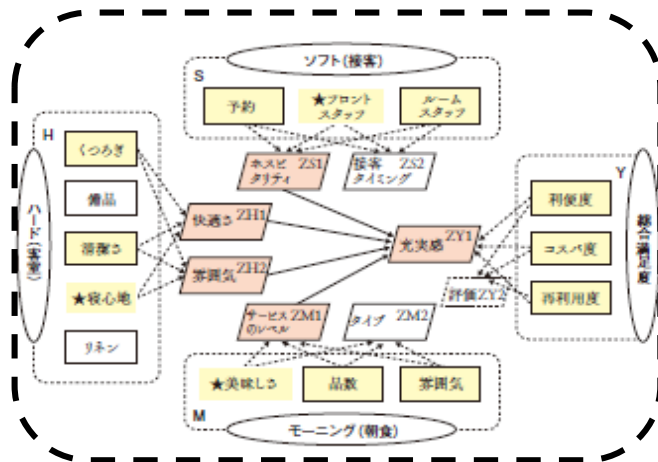
構造模型図：①「重点指向」と②「可視化」による図

➡ 因果分析の結論の本質を一枚の図で可視化したもの

アンケートによる 調査と仮想実験

顧客満足度の把握と向上

高橋武則・川崎昌〔著〕



ビジネスホテルの顧客満足の構造模型図

(典型例：本セミナーの参考書の表紙)

*** 書籍 ***

高橋武則・川崎昌著

日科技連出版社(2019)

因果分析の結論の本質を
一枚の図で可視化

構造模型図

これ一枚ですべてが分かる図

この図の説明を
次のスライドで
簡潔に説明する。

手を打つべき項目は各群で密集が無ければ明快

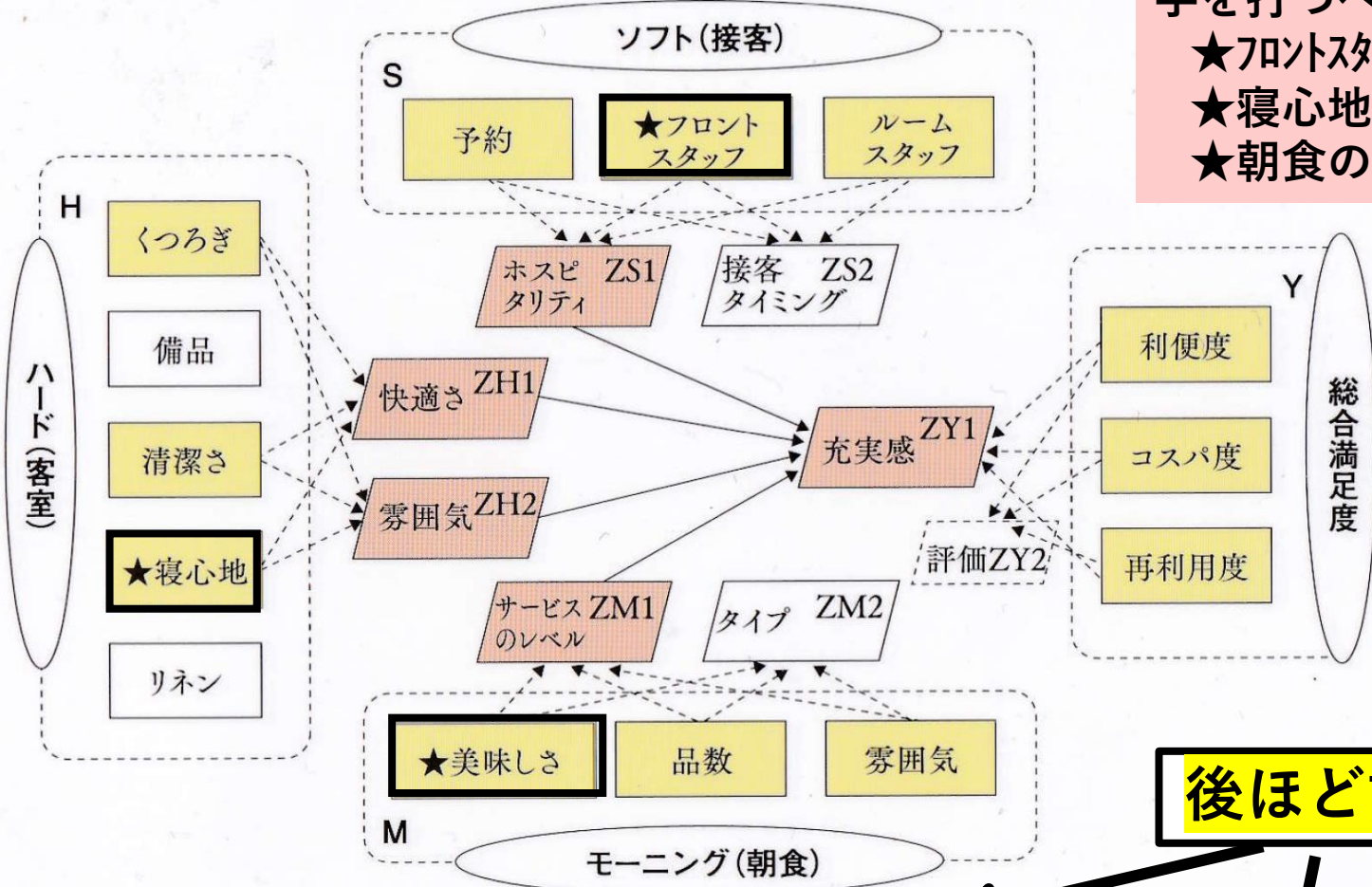
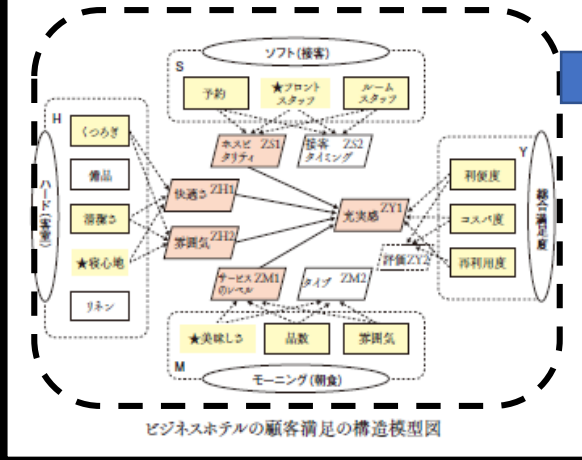
結論

手を打つべきもの
★フロントスタッフ
★寝心地
★朝食の美味しさ

アンケートによる調査と仮想実験

顧客満足度の把握と向上

高橋武則・川崎昌〔著〕



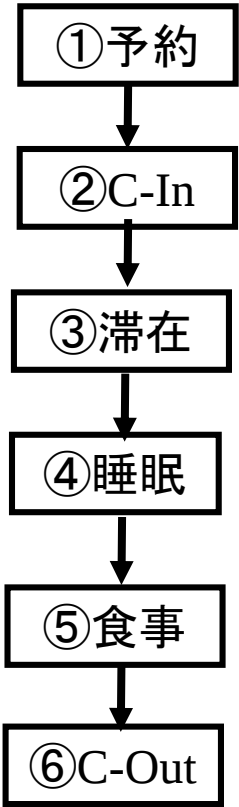
後ほど説明

もし群において手を打つべき項目が密集した場合は因子分析を用いる。

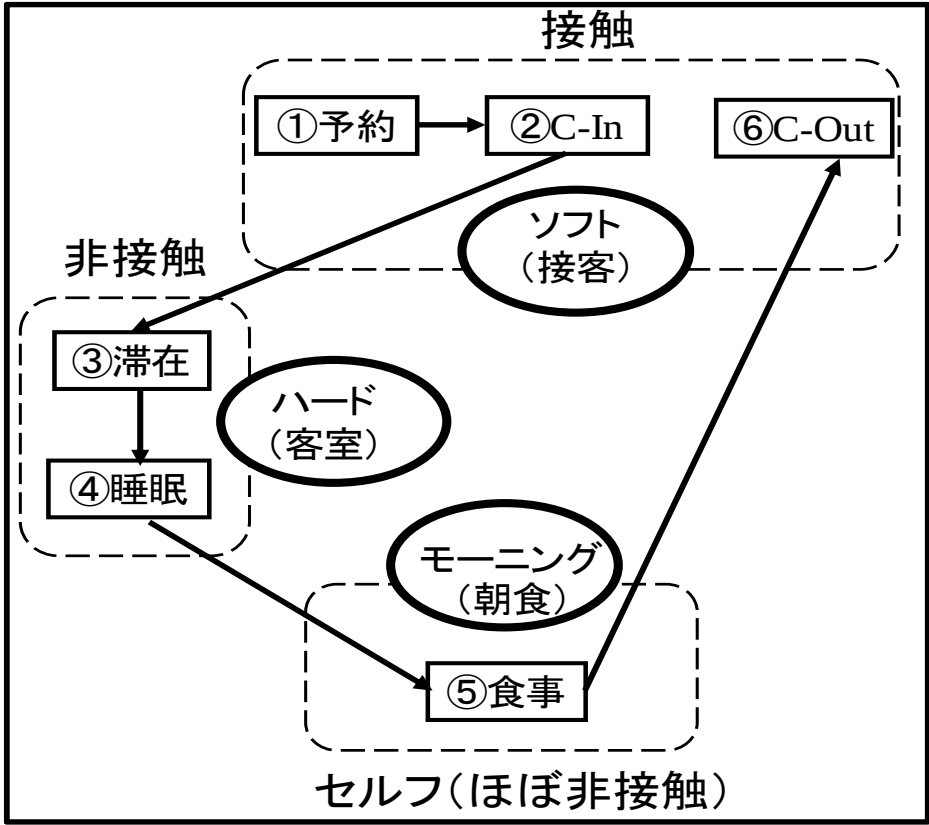
両側因果分析DCA (表側は主成分分析, 裏側は因子分析)

概念 = (ビジネスホテルの3対応:「ソフト」,「ハード」,「モーニング」)

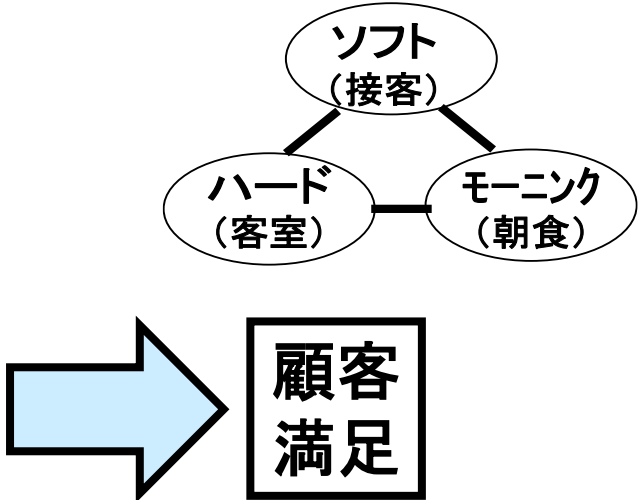
客の6プロセス



詳細な概念図

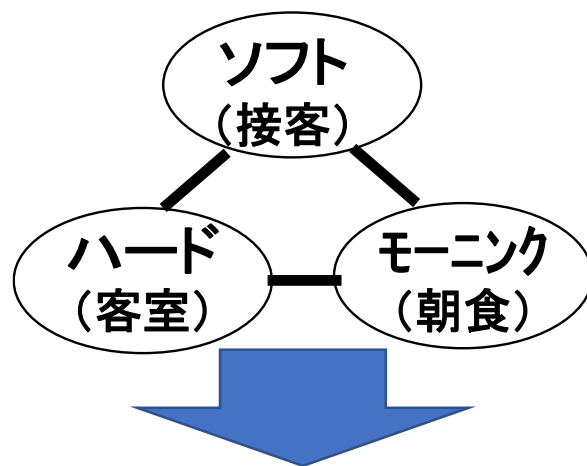


簡潔な概念図



【注】 群内では相関は強いが、群間では相関は弱い。
時間的順序はあるが連鎖型（多段階の因果連鎖：ドラマ型因果構造）ではない。

簡潔な概念図

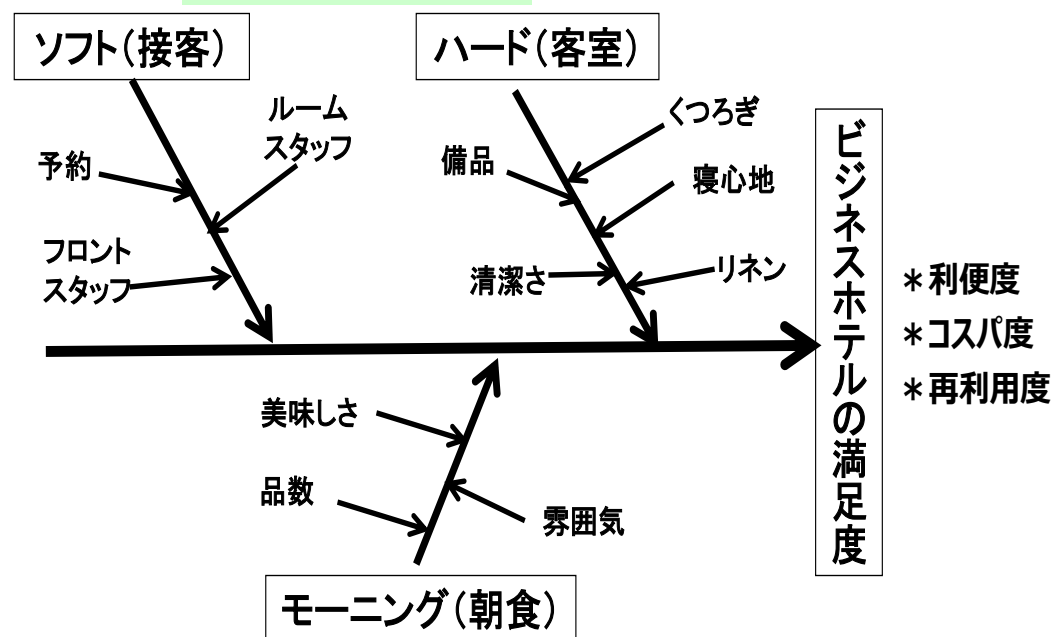


アンケート(質問紙調査)の質問: 回答は7択(7段階で回答)

多群質問紙調査票

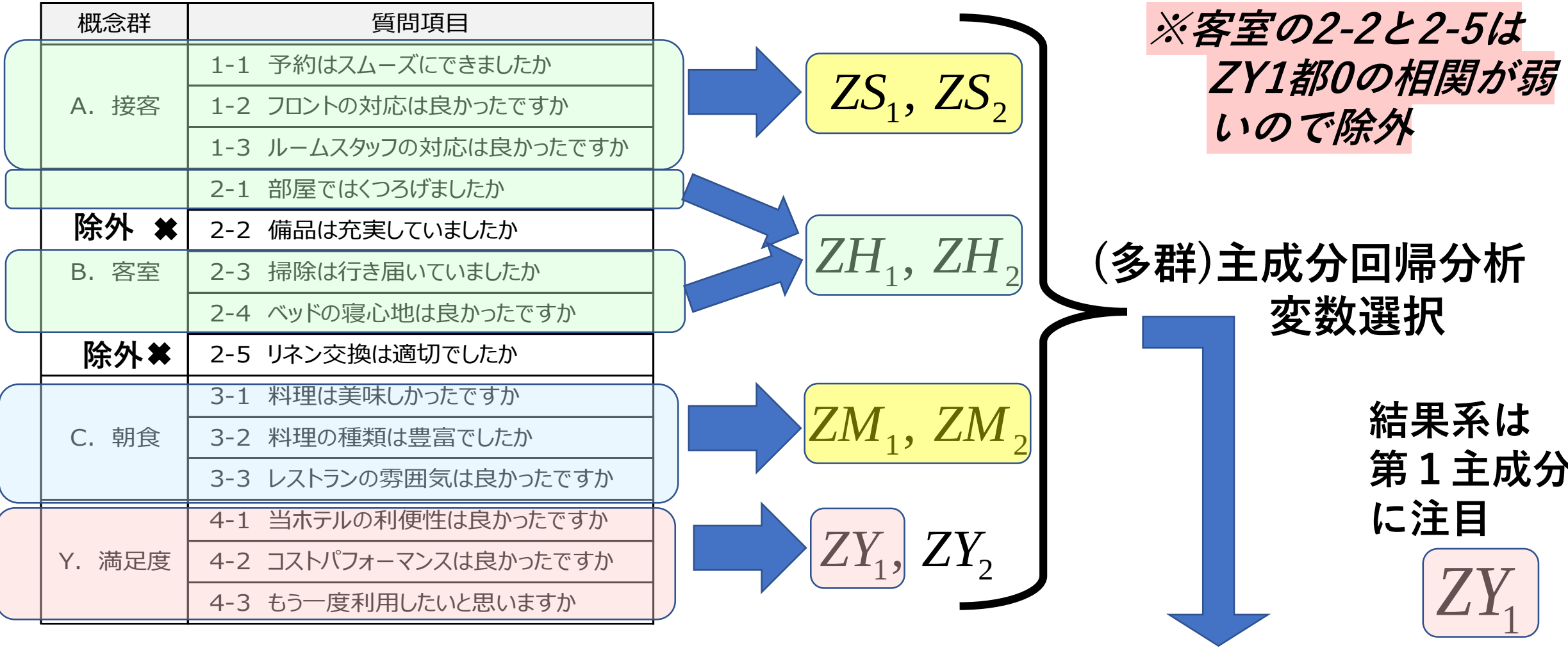
評価は
* 原則は 7 択
* 最低でも 5 択

特性要因図



概念群	質問項目
A. 接客	1-1 予約はスムーズにできましたか
	1-2 フロントの対応は良かったですか
	1-3 ルームスタッフの対応は良かったですか
B. 客室	2-1 部屋ではくつろげましたか
	2-2 備品は充実していましたか
	2-3 掃除は行き届いていましたか
	2-4 ベッドの寝心地は良かったですか
	2-5 リネン交換は適切でしたか
C. 朝食	3-1 料理は美味しかったですか
	3-2 料理の種類は豊富でしたか
	3-3 レストランの雰囲気は良かったですか
Y. 満足度	4-1 当ホテルの利便性は良かったですか
	4-2 コストパフォーマンスは良かったですか
	4-3 もう一度利用したいと思いますか

群内は相関が高いので選抜後に主成分をとる→(多群)主成分回帰分析



主成分回帰分析の結果→ $ZY_1 = 0.47ZS_1 + 0.52ZH_1 + 0.25ZH_2 + 0.31ZM_1$

群ごとに主成分をとって主成分回帰分析（変数選択）

$$ZY_1 = 0.47ZS_1 + 0.52ZH_1 + 0.25ZH_2 + 0.31ZM_1$$

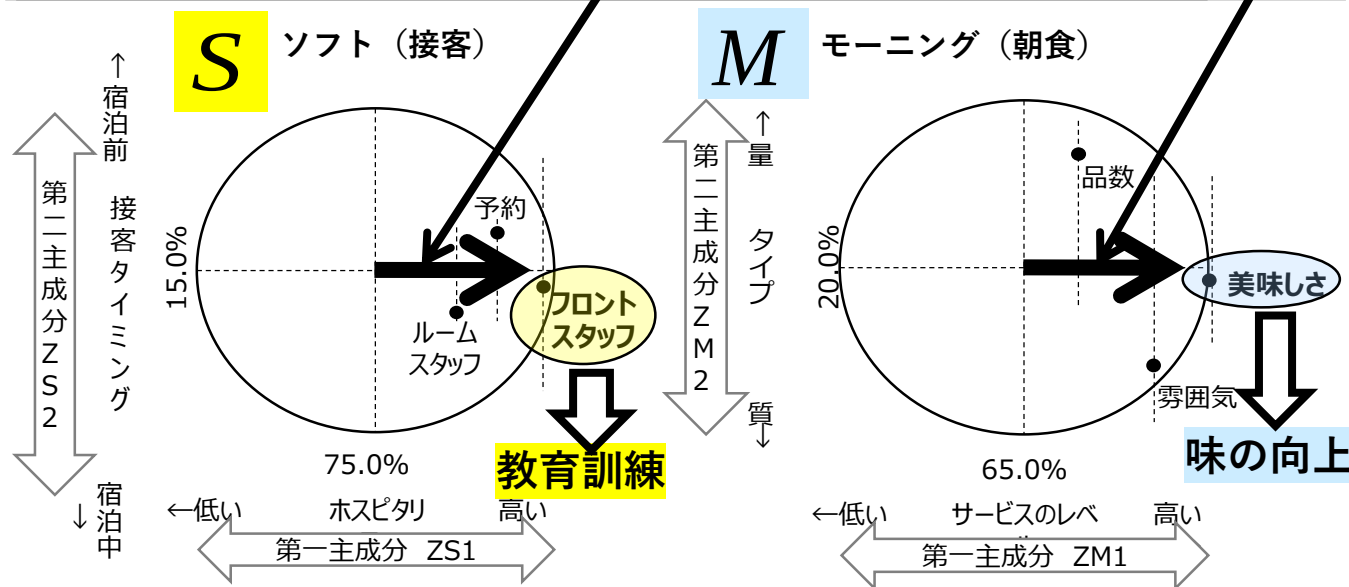
因子負荷量の絶対値の大きなものに手を打つ

→ 主要原因項目（手を打つべき対象）

同じ群で複数の主成分
が選択された場合には

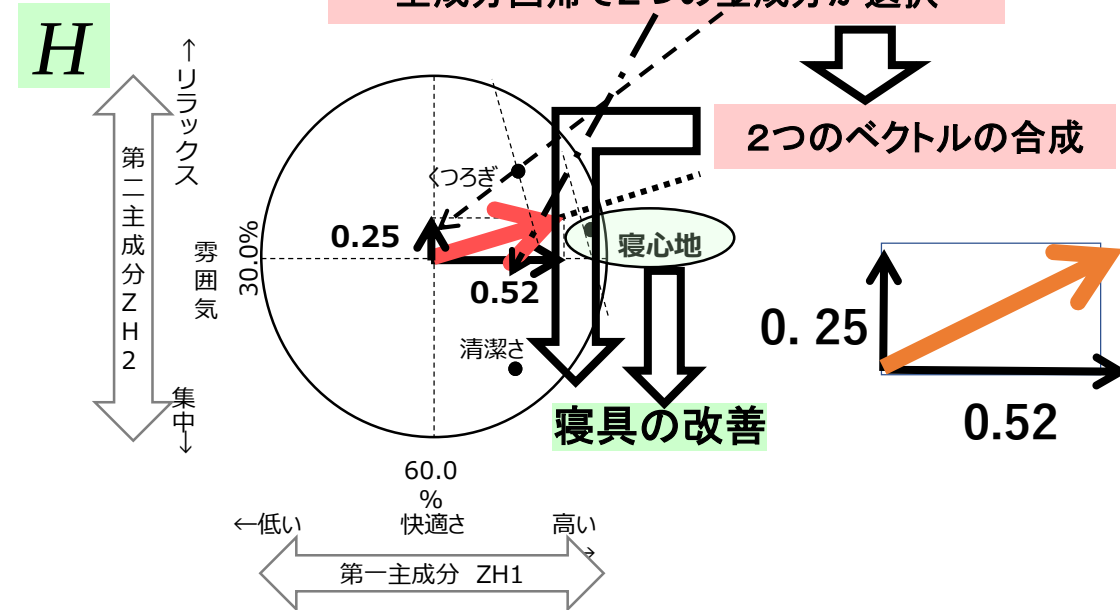
→ ベクトル合成

主成分回帰式： $ZY_1 = 0.47ZS_1 + 0.52ZH_1 + 0.25ZH_2 + 0.31ZM_1$

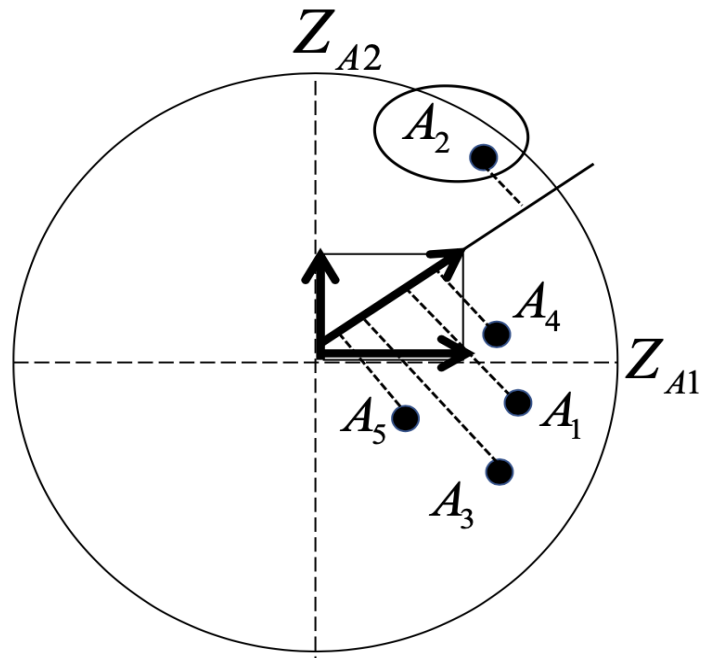


主成分回帰式： $ZY_1 = 0.47ZS_1 + 0.52ZH_1 + 0.25ZH_2 + 0.31ZM_1$

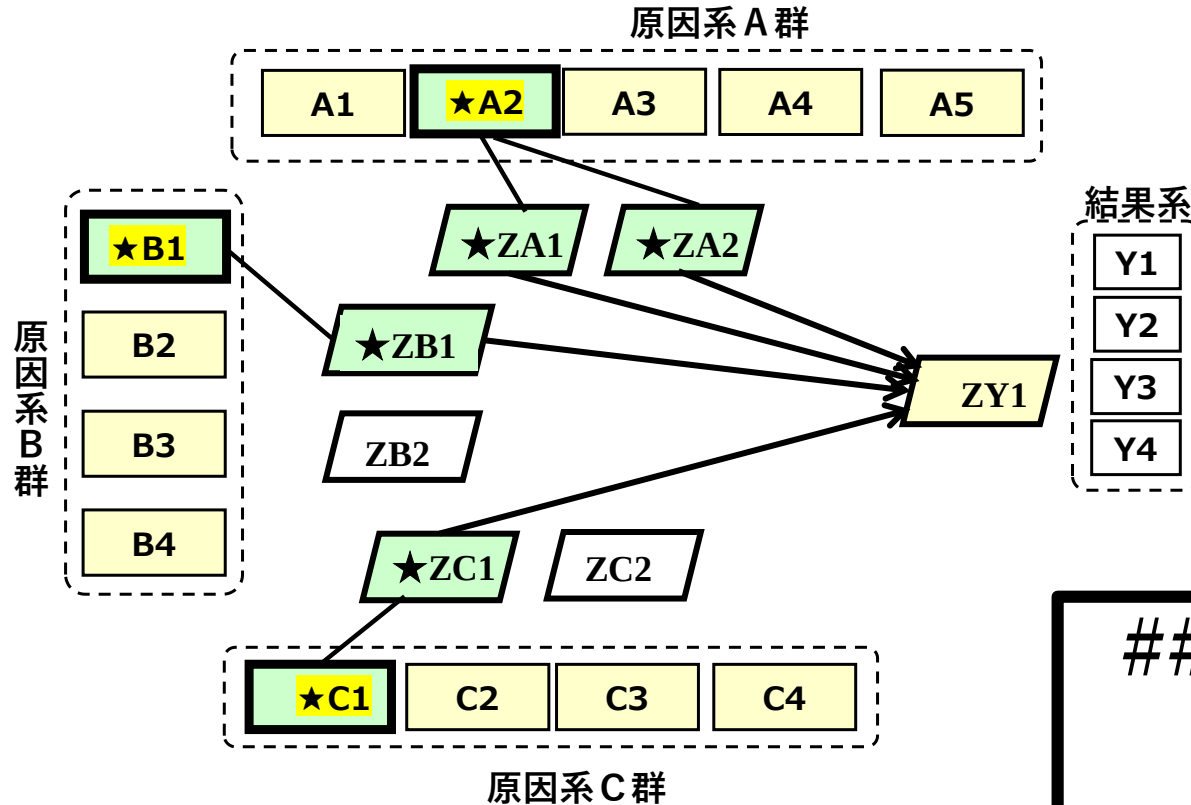
ハード(客室)



主要原因項目が**散在**の場合 → **因子分析は不要**



(1) 主要原因項目の特定(散在)

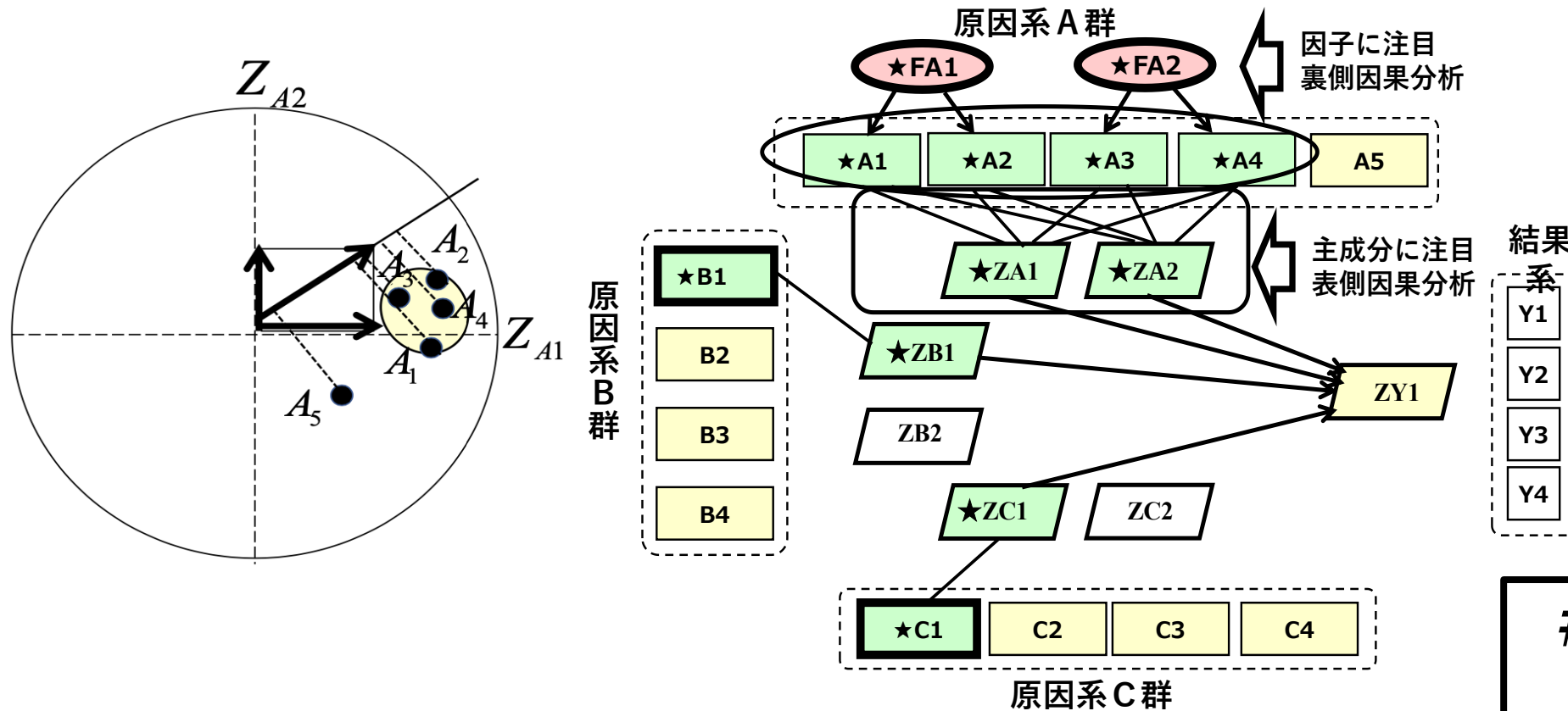


(2) 表側因果分析の結論

図 主要原因項目が散在の場合(因子分析は不要)

結論 ###
A2
B1
C1
に手を打つ。

主要原因項目が**密集**の場合 → **因子分析が必要**



(1) 主要原因項目の特定(密集)

(2) 表側因果分析の結論

図 主要原因項目が密集の場合(因子分析が必要)

結論 ###
FA1, FA2
B1
C1
に手を打つ.

手を打つべき主要原因項目と因子（根本原因）

主成分は役目を終えたので削除

【注】主成分は「**触媒**」である。

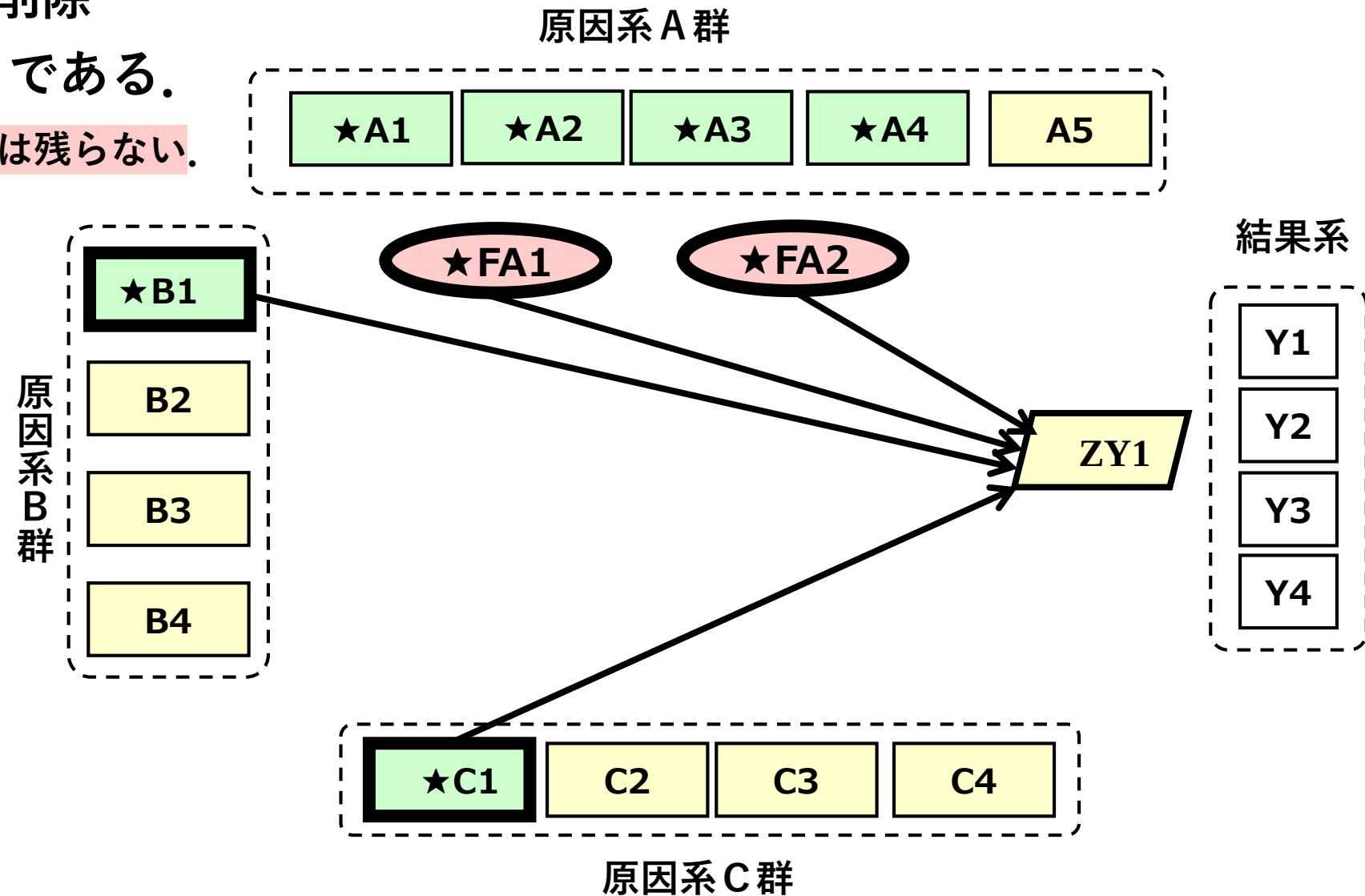
★分析では活躍するが分析終了後は残らない。

【簡潔な表示】

図をシンプルにするために以下のものは表示から削除している。

* 結果ZY1と相関の弱い原因項目で最初の選抜で外れたもの

* 役目が終わった主成分



ていねいな構造模型図（全ての項目を表示）

【詳細な表示】 ###
全部の状況を伝えるため
分析に登場した以下の全
て表示している。

* 結果ZY1と相関の弱い
原因項目で最初の選
抜で外れたもの

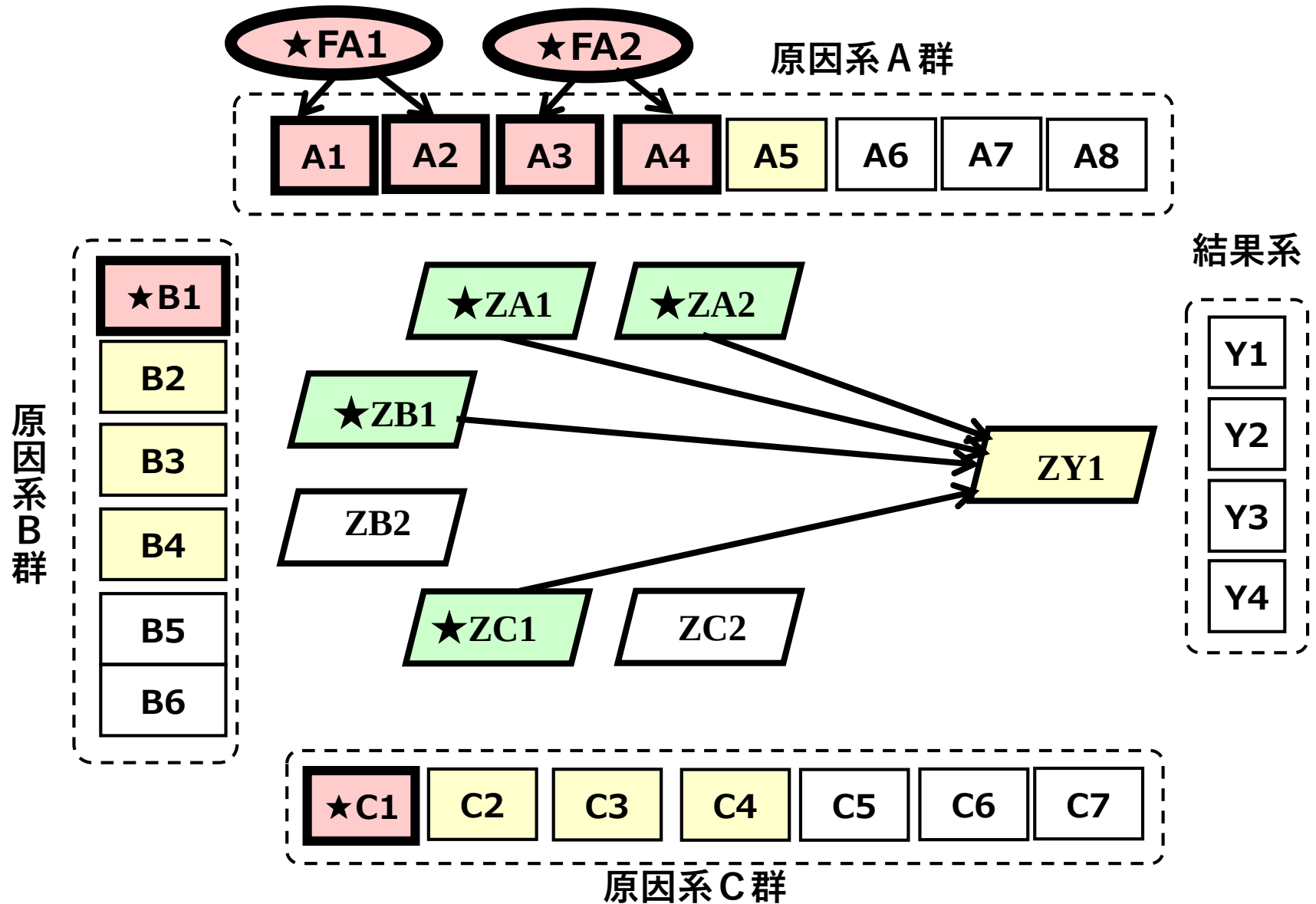
* 役目が終わった主成分

結論

FA1, FA2

B1, C1

に手を打つ。



これより具体的な説明

選抜型両側因果分析とは

重点指向：Vital few and trivial many

資源（人，物，金，時間）は有限 → 集中投入 → 何に集中すべきか

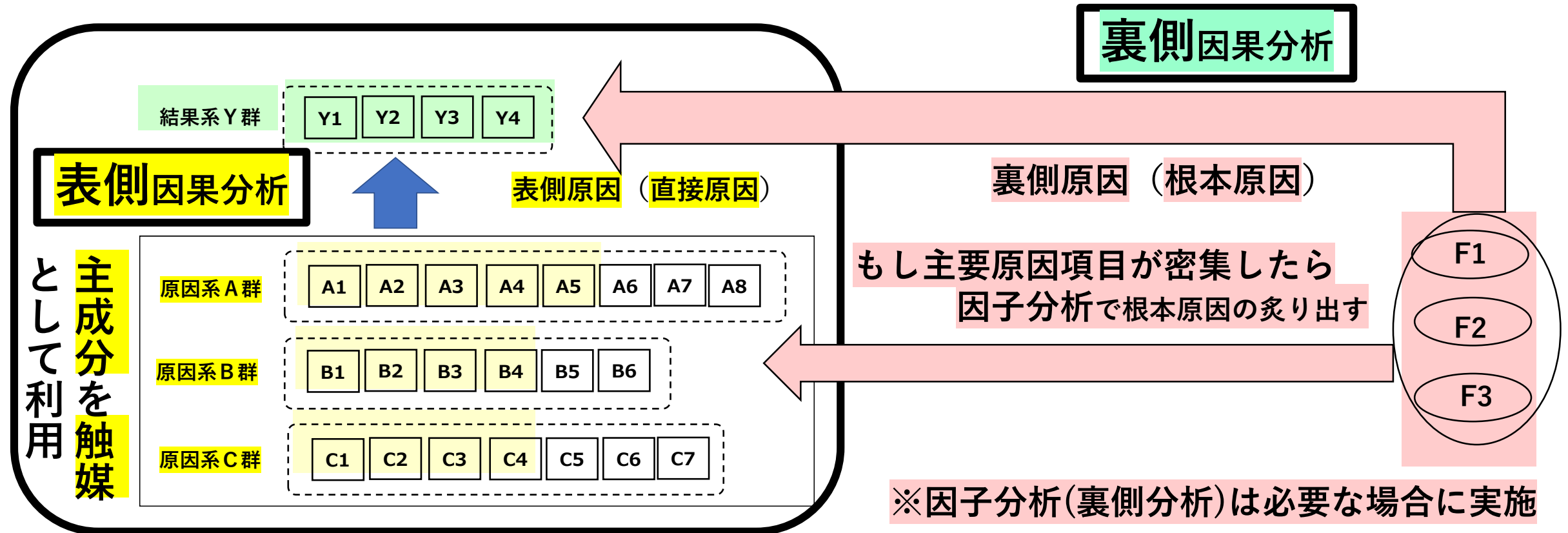
- * いきなり因果分析に取り掛かるのではなく **結果に影響の強い原因項目の選抜**から始める。 → “選抜型”の本質的な意味である。
 - ※ 結果に相関の弱いものが手を打つ対象にはなり得ない。 → 対象から**除外**する。
それ含んだ主成分は不純物混入のために汚れて結果をうまく説明できない。
- * その後も分析過程で**有効でないと分かたら積極的に除外**する。
 - ※ 結果を良くするのに有効なものに集中的に注目する。
- * **最後まで残ったものが手を打つべき対象と特定する。**
 - ※ 手を打つべき原因項目を**主要原因項目**と呼ぶ。

【理論の要約】 両側因果分析の数理的な構造

アンケートで調べた全ての質問項目：結果系項目（1群）と原因系項目（3群）

*** アンケートで直接質問 ***

*** データ分析で炙り出し ***



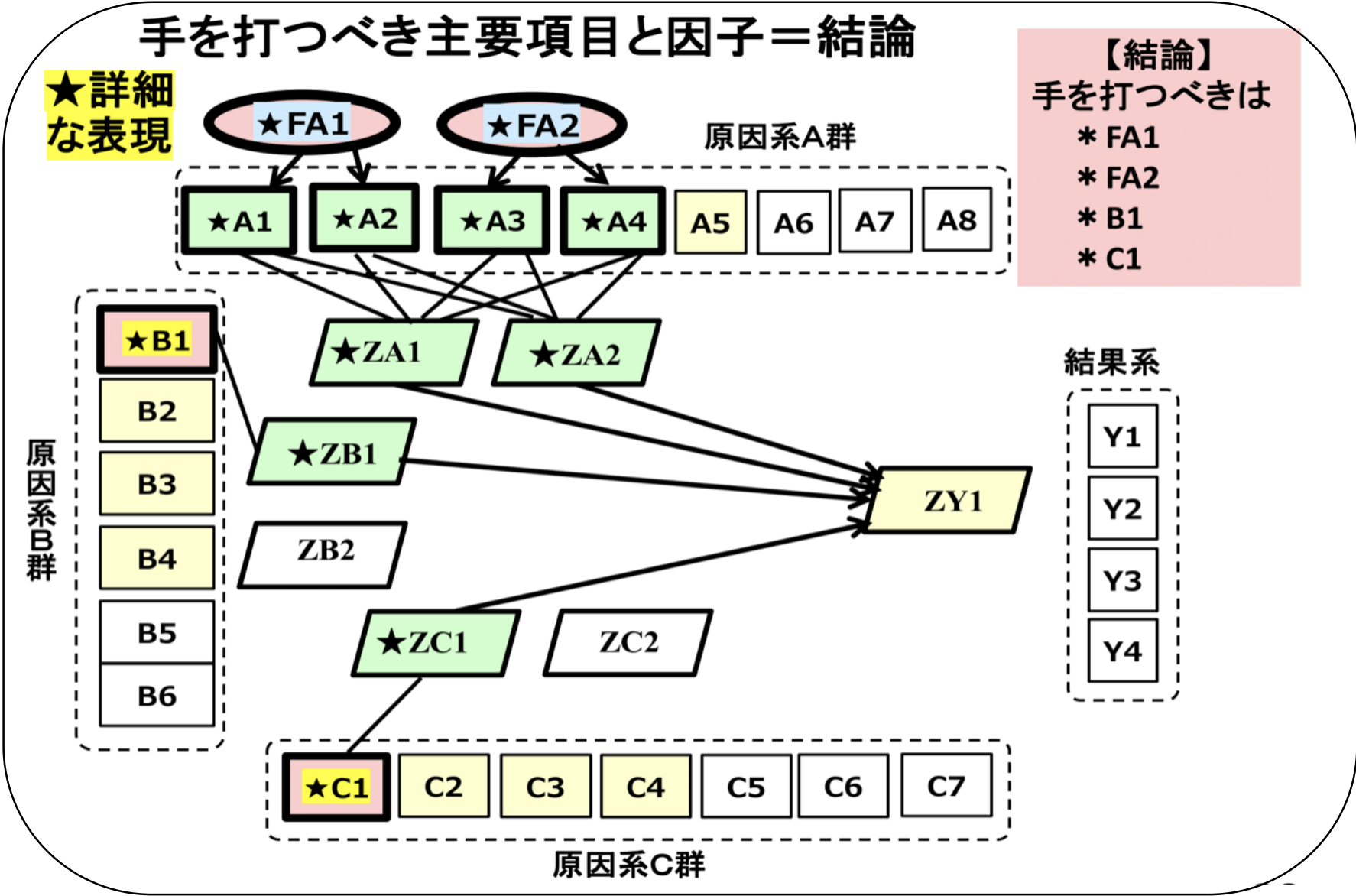
触媒：反応に役立つが反応後は残らない。 → **主成分は分析で利用するがこれに手は打てない。**

構造模型図

これ1枚で全貌を簡潔にかつ数理的に説明することができる。

図の見方が分かれば何に手を打つべきかを理解することは容易である。

【注】この図では最初選抜されなかったものもすべて示している。

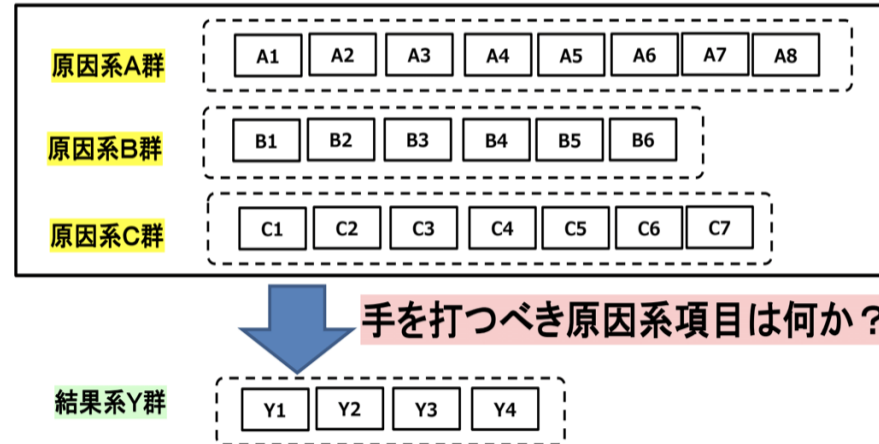


選抜型両側因果分析の具体的な手順

選抜型両側因果分析DCAの詳細

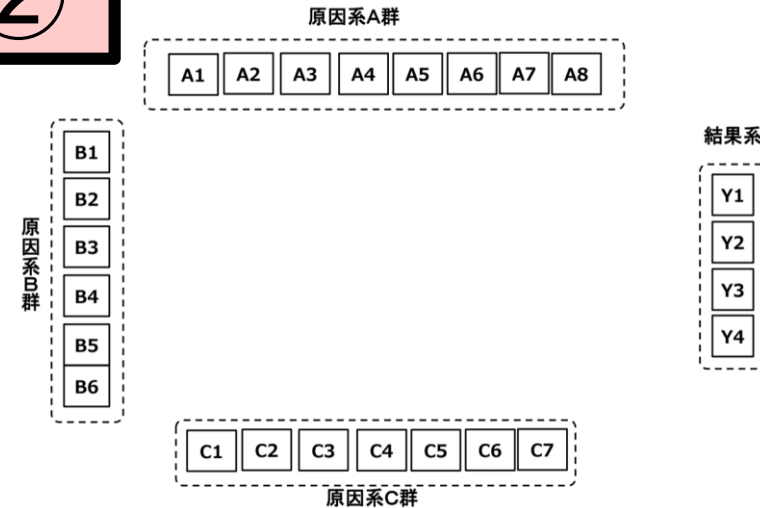
①

アンケートで調べたすべての質問項目:
結果系項目(1群)と原因系項目(3群)



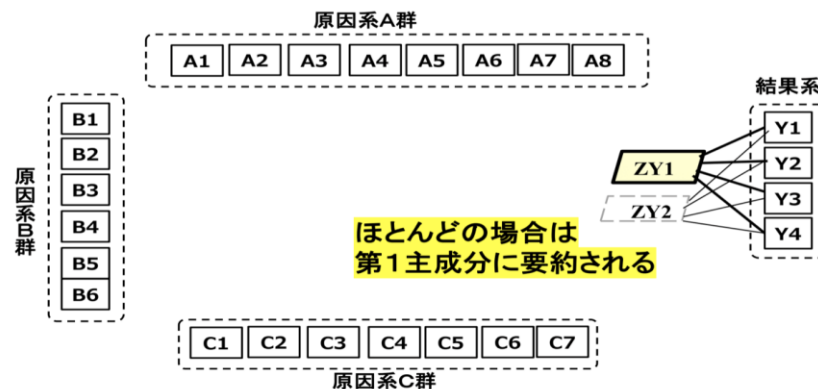
②

アンケートの項目の全体



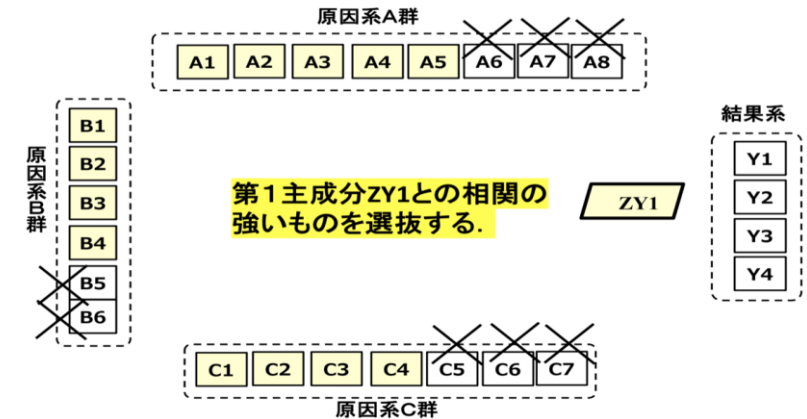
③

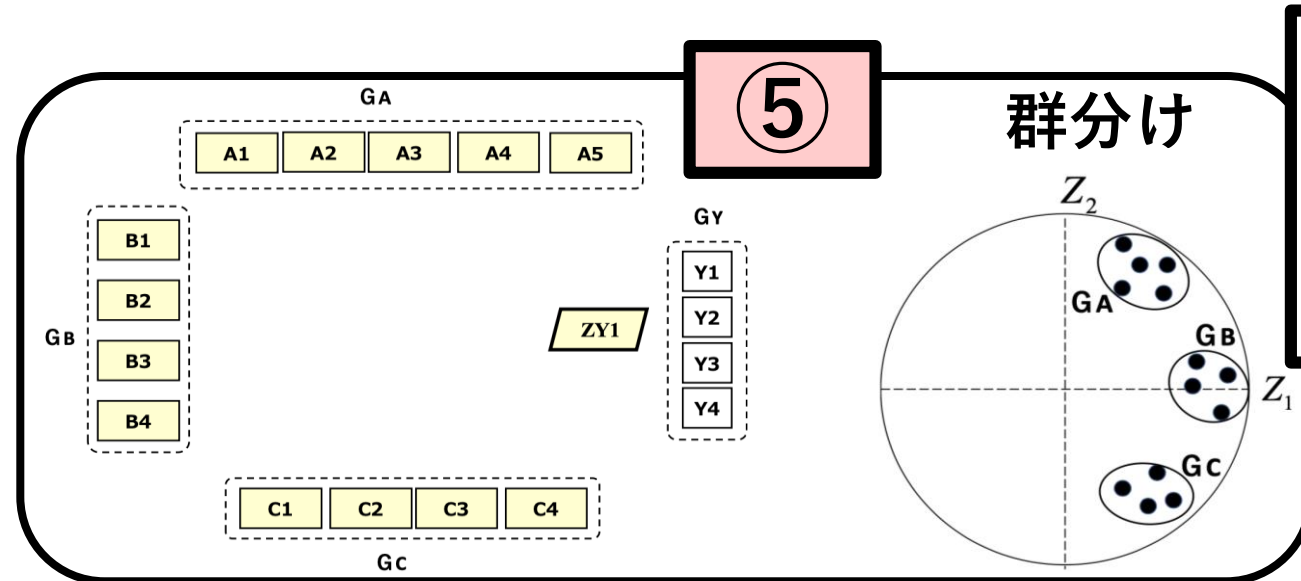
結果系項目の主成分
結果系項目の要約: 第1番目の重点指向



④

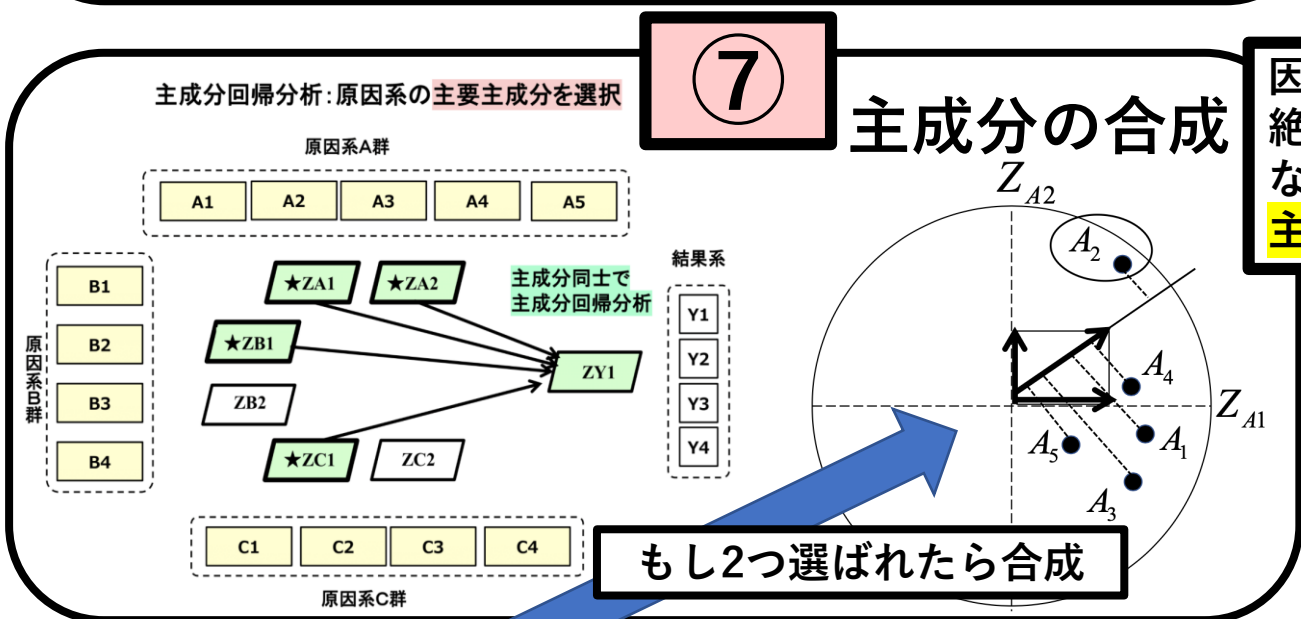
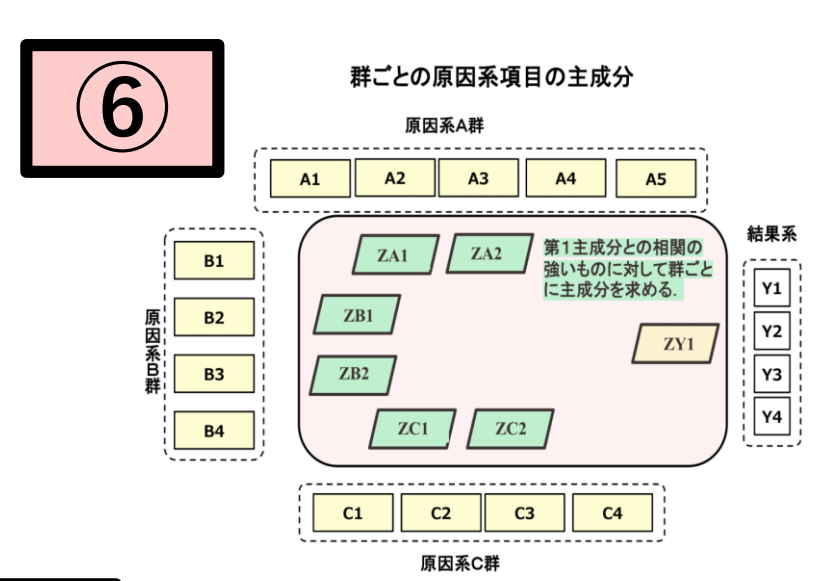
原因系項目の選抜: ZY1との相関の高いものを選抜
選抜型両側因果分析: 第2番目の重点指向



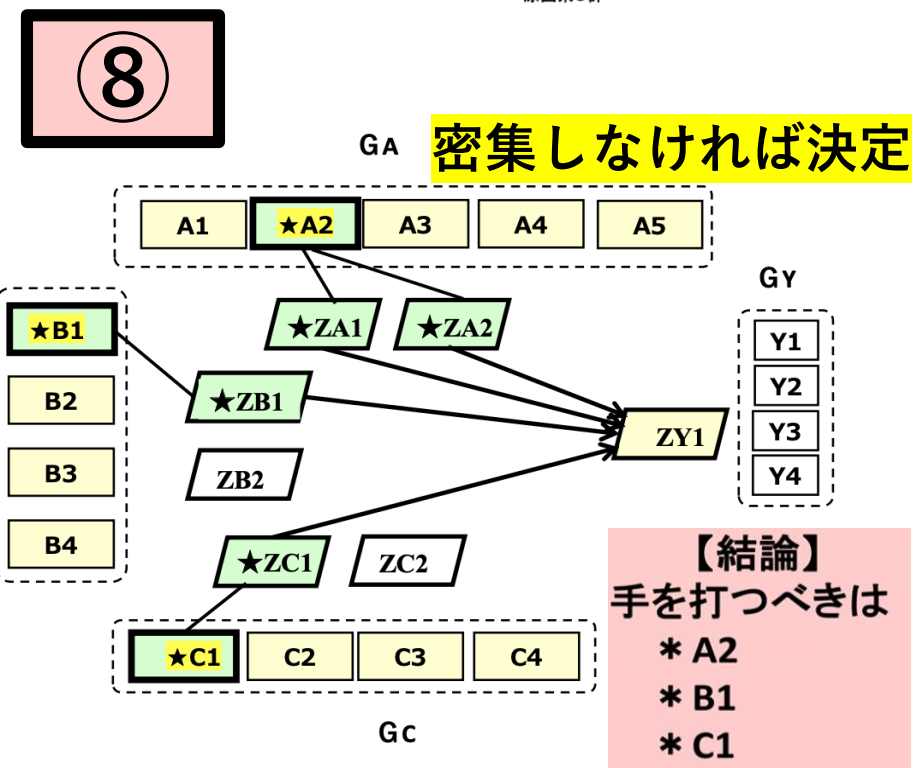


主成分分析
で群分け

事前の群分
けは主成分
分析で確認



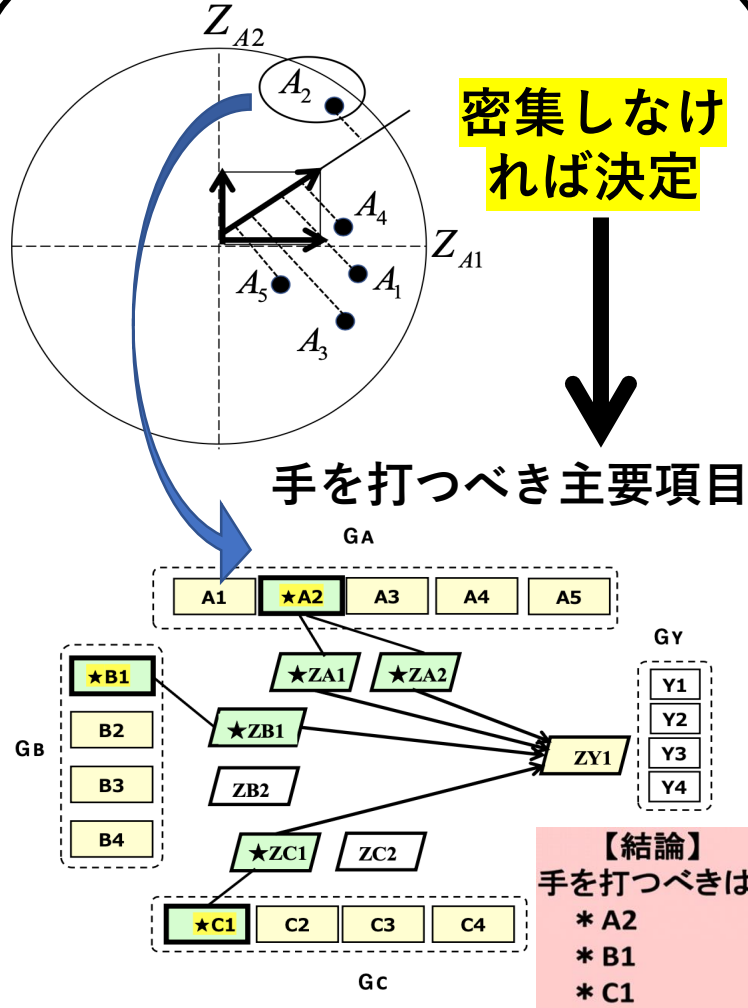
因子負荷量の
絶対値の大き
なものが
主要原因項目



$$Z_{Y1} = a_1 Z_{A1} + a_2 Z_{A2} + b_1 Z_{B1} + c_1 Z_{C1}$$

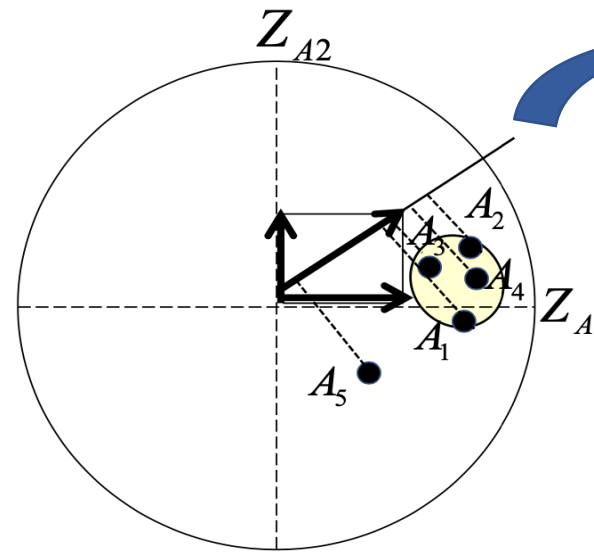
もし密集したら背後の因子（根本原因）に手を打つ

⑧-1 散在 → 決定

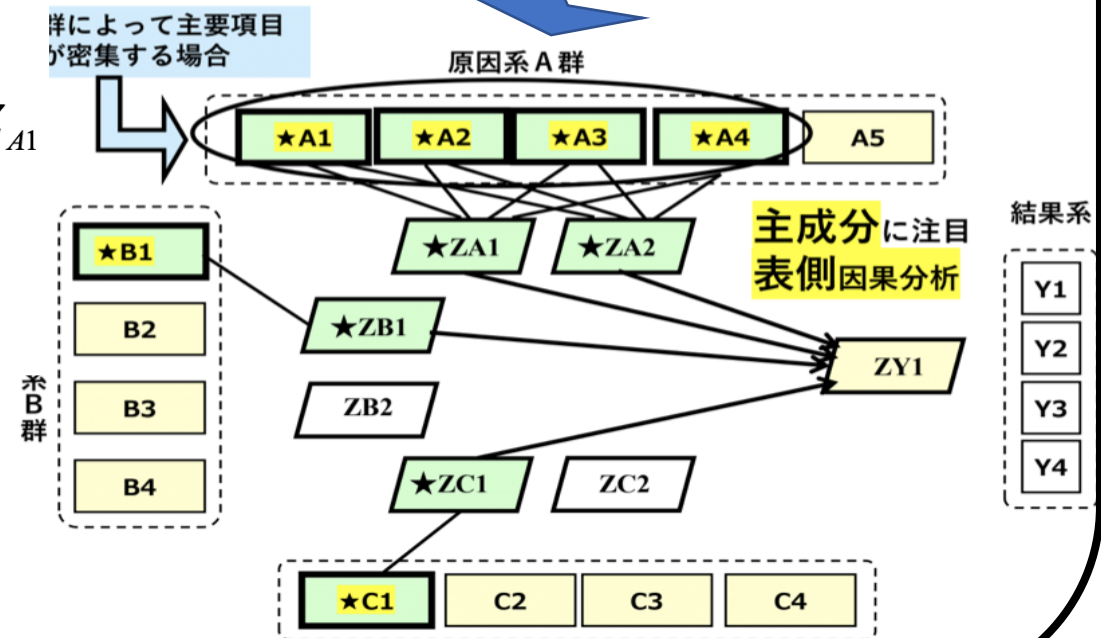


⑧-2 密集 → 次の⑨へ

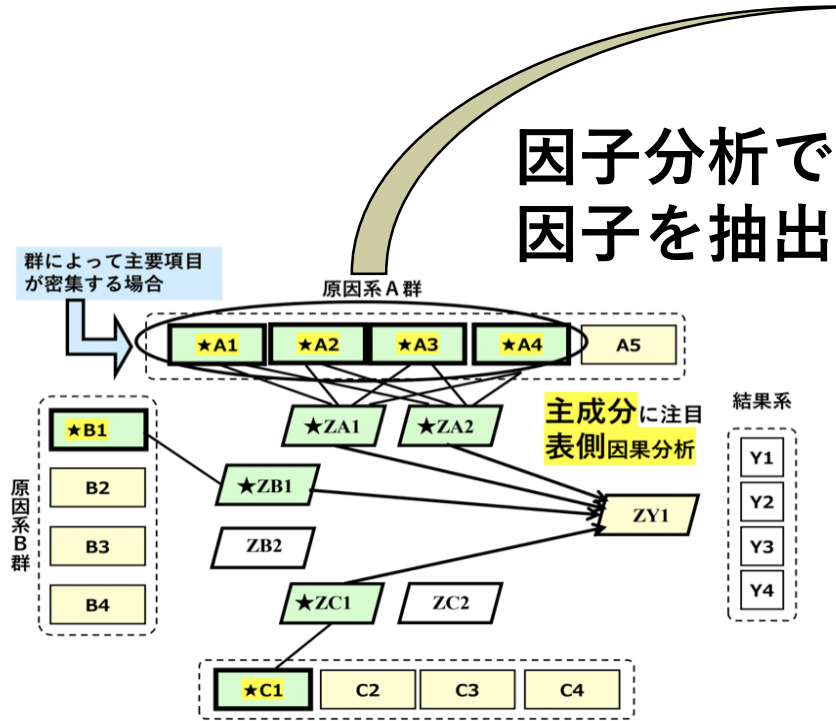
主要原因は密集



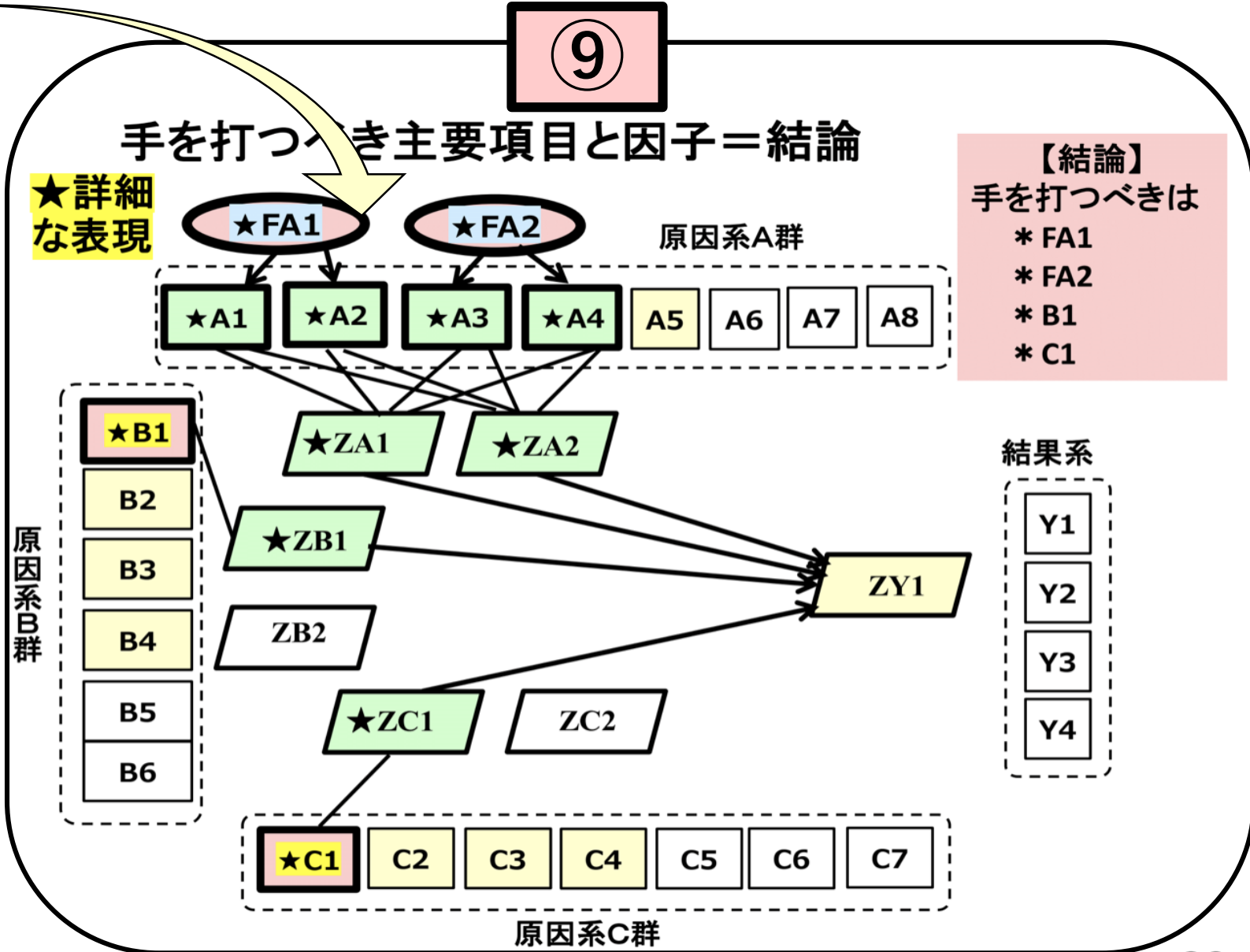
背後の因子は 因子分析で炙り出す



もし密集した場合の結論→因子（根本原因）に手を打つ



【注】この図では最初
に選抜されなかったもの
もすべて示している。



両側因果分析の適用限界の注意

適用対象：非連鎖型(非ドラマ型)&放射型

★シンプルな因果構造

(多段階の因果連鎖(ドラマ)のなし & 放射型因果構造)

適用対象：連鎖型(ドラマ型) & 網状型

★複雑な因果構造

(多段階の因果連鎖(ドラマ) あり & 網状型(ネットワーク型)因果構造)

→ * SEM(構造方程式モデリング)

* GM(グラフィカルモデリング)

が適している

両側因果分析の適用限界：多段階の因果連鎖なし(非連鎖型) & 放射型因果構造

因果連鎖：ある結果が次の原因となり，その結果が更に次の原因と続いていく状態

因果連鎖とは

多段階の因果連鎖
→ ドラマ型因果構造



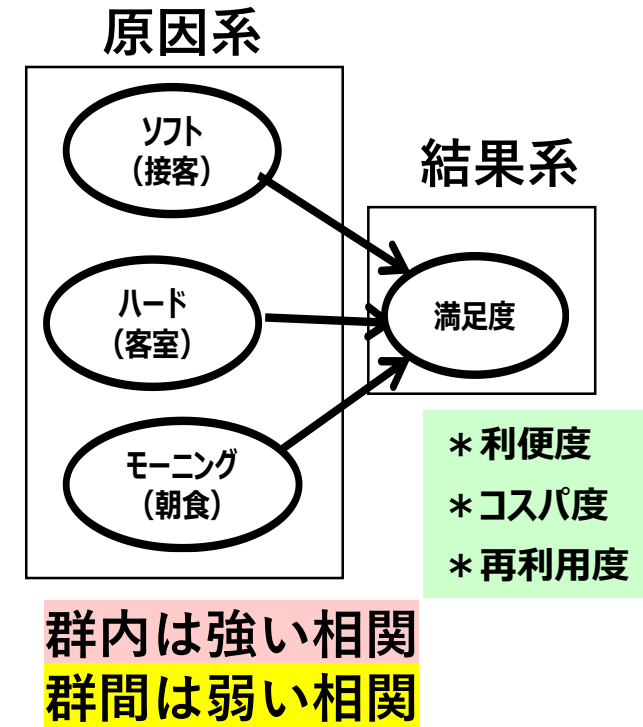
放射型因果構造

- * 原因系は群を構成する。
- * 原因系の群内の相関は強い。
- * 原因系の群間の相関は弱い。

因果連鎖なし (非ドラマ型) & 放射型因果構造の特徴

- ・ 結果の項目は多数 (多面的な満足の評価)
- ・ 原因の項目は多群で多数 (多数の原因)
- ・ 群内は相関が強く群間は相関が弱い
- ・ 時間的順序はあるが因果連鎖(前が後に影響)が起きることはまれ

【例】ビジネスホテルの場合



具体的な例をあげると以下のようなものがある。

- * コンビニやスーパーやデパートでの買い物
- * コーヒーチェーン店での飲食やファーストフード店での飲食
- * ビジネスホテルの宿泊, * スマートフォンの使用
- * アミューズメントパークの利用
- * 医療機関での初診, * 医療機関での短期の通院や治療
- * 短期の教育・訓練 (各種セミナーなど)

まとめ

- ① 主要原因項目（手を打つべき原因）は重点指向で効率的に特定するとよい。
 - ・ そのための一つの方法として「選抜型両側因果分析」がある。
 - ・ 表側因果分析は主成分分析で裏側因果分析は因子分析を意味する。
- ② 主成分を「触媒」（因果分析の有用な手段）として活用する。
 - ・ 相関問題が回避でき情報要約により効率的に分析が進められる。
 - ・ しかし主成分には手が打てない。→手を打つべきものは③で特定する。
- ③ 選択された主成分に対する因子負荷量の絶対値の大きなものが主要原因項目である。
 - ・ ただし、同じ群で複数の主成分が選択されたらベクトル合成をする。→作図で対応可
- ④ 主要原因項目が密集したら因子（根本原因）を炙り出してこれに手を打つ。
- ⑤ 最初に結果との相関の弱いものは除外（相関の強いものだけを選抜）する。
 - ・ 弱いものは主要原因項目にはなり得ず、これを混ぜると主成分が汚れて分析は混乱する。

適用限界に注意
* 非連鎖型
* 非網状(放射)型
のシンプルな因果構造

なお、選抜型両側因果分析が終了した後に、SEMに向けて事後の分析をすると良い。
・ 分析の過程で削除した項目を活用することによりSEMに近づける方法がある。
複眼因果分析（虫瞰図分析→獣瞰図分析→鳥瞰図分析）
これについては機会があれば紹介したいと考えている。

合理的なアプローチ（DCA→準SEM→本SEM）の概要

Start



Goal

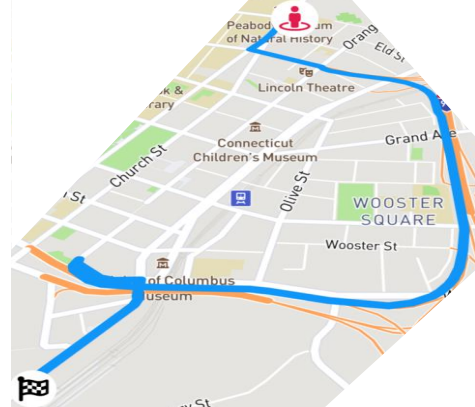
虫瞰図



(Limited-SEM)

DCA(両側因果分析)

獣瞰図



(Quasi-SEM)

準SEM

両側因果分析過程
で除外した項目を
活用(再利用)すれば
準SEMができる。

その後準SEMで得
た情報に基づいて
本SEMを行えば高
度な因果構造の把
握を可能にする。



鳥瞰図



(Full-SEM)

本SEM

以上で重要な説明は終了

この後は【参考までに】の内容の紹介

同じ対象（多数の項目）に対する
主成分分析（表側）と因子分析（裏側）
の相互の関係について

両側因果分析＝表側因果分析＋裏側因果分析

表側因果分析（主成分分析）と裏側因果分析（因子分析）

表側因果分析（主成分分析）

- ① 質問項目（観測変数）そのものを便利なツールである主成分で扱う。
表側の相関を回避するために【主成分分析】
- ② 主成分は情報の縮約（多数の項目を少数の主成分に）ができる。

【注】主成分は「触媒」（ツールとして活用）なので手が打てない。

裏側因果分析（因子分析）

- ① 質問項目の裏側にある本質的存在を炙り出して扱う。
裏側を炙り出すために【因子分析】
- ② 因子は原因の縮約（多数の原因を少数の根本原因に）ができる。

【注】因子は手が打てるが読み解きが必要である。

主成分（表側）と因子（裏側）

- * 単一科目が問題ならその科目に手を打てばよい。
- * 多数の科目が問題なら背後の能力（因子）に手を打つ。

因果関係ではない

因果関係である

表側分析

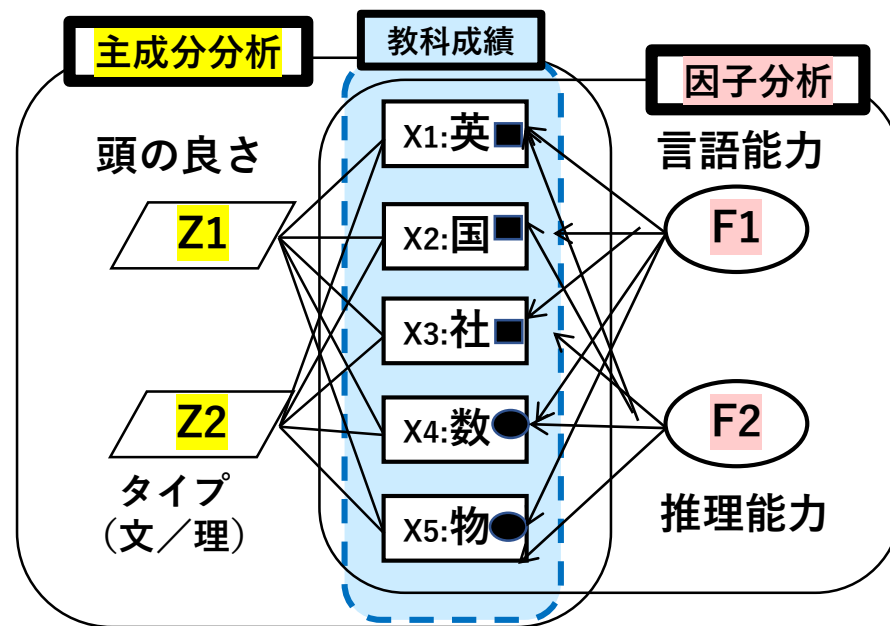
裏側分析

科目間は相関が強い
という問題がある。

多数科目の背後にある
能力に問題がある。

相関の問題は
主成分分析で回避する。

背後の能力は
因子分析で炙り出す。



主成分（従属変数：結果縮約）には手が打てないが 因子（独立変数：根本原因）には手が打てる

標準化された原因 u_i

$$u_i = (x_i - \bar{x}_i) / SD_i$$

主成分 z_i と標準化された原因 u_i

$$Z_i = \lambda_{i1}u_1 + \cdots + \lambda_{ip}u_p$$

p 個の原因は p 個の主成分に要約される。

因子 F_i と標準化された原因 u_i

$$u_i = \omega_{i1}F_1 + \cdots + \omega_{ik}F_k + \varepsilon_i$$

p 個の原因は k 個の要因の結果である。

主成分：多重共線性の回避手段（実体なし）

- ① 左辺に存在する従属変数
- ② 右辺の多数の変数の線形結合（縮約）
- ③ 誤差はない

★実体がないので手が打てない。

因子：根本原因（実体あり）

- ① 右辺に存在する独立変数
- ② 左辺の変数（各変数）の原因
- ③ 誤差がある

★実体があるので手が打てる。

主成分は中に球を入れた箱 → 大きな球が重要

重要度 は **因子負荷量** (球の大きさ)

主要原因項目 (手を打つべき対象) は大きな球

標準化された原因 u_i

$$u_i = (x_i - \bar{x}_i) / SD_i$$

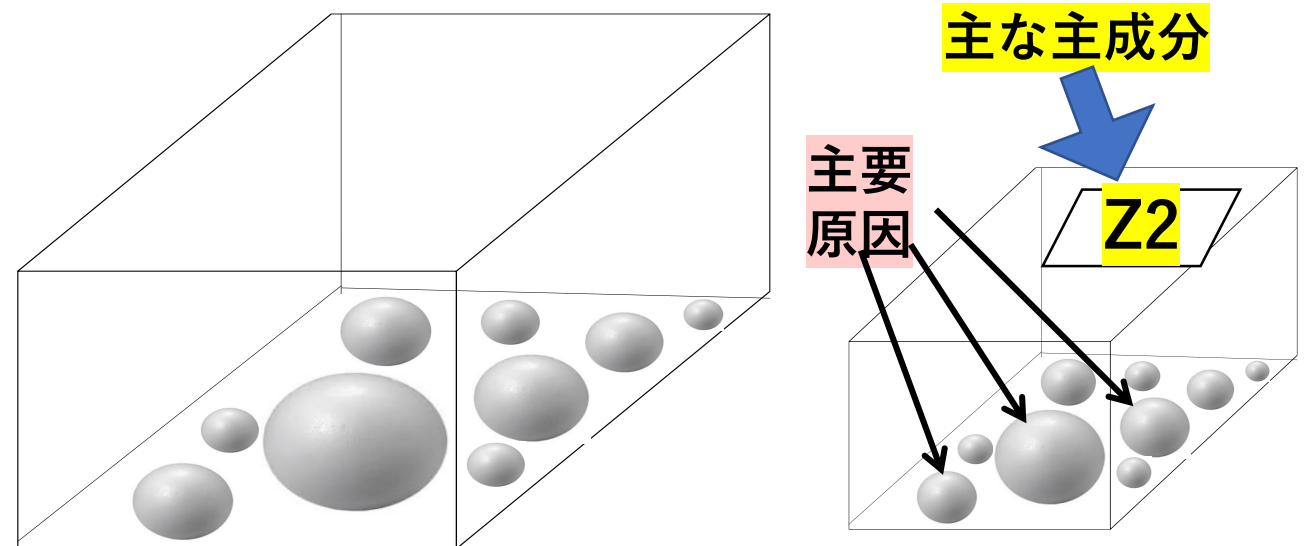
主成分 Z_i

$$Z_i = \lambda_{i1}u_1 + \cdots + \lambda_{ip}u_p$$

主成分 Z_i は原因ではない。
⇒ 故に手を打つ対象ではない。

★主成分は中に変数 (球) を入れた箱

重要度 は **因子負荷量** (球の大きさ)



” シンプルな因果構造は重点指向のアプローチで”

シンプルな因果構造：非連鎖（非ドラマ）型 & 非網状型（非ネットワーク型）

選抜型両側因果分析に必要な統計的手法は以下の3つ

[主成分分析], [回帰分析], [因子分析]

は統計ソフトで簡単に実施可能なので**DCA**をトライされたい。



DCA(選抜型両側因果分析)の終了後は

SEM, GMにトライされたい。

以上で

重点指向に基づく局所的因果分析

～局所的因果分析としての選抜型両側因果分析～

の講演を終了します。

**この映像を著作権者に無断で
複製,放送,上映することは
法律で禁じられております**