

# S-P表：日本発テスト理論の原典と国際的展開

Student-Problem表の理論的基盤・注意係数・教育実践への応用

## 概要

佐藤隆博が1969年にNEC研究所で開発したS-P表（Student-Problem表）は、テスト結果の二値データを視覚的・統計的に分析する日本独自の教育測定手法である。1975年の原著『S-P表の作成と解釈』（明治図書）を起点に、Kikumi K. Tatsuokaらの研究を通じて国際的な心理測定学に影響を与え、現在では文部科学省の全国学力・学習状況調査の公式分析ツールとして全国の学校に提供されている。注意係数（Caution Index）は項目反応理論（IRT）における個人適合度指標の先駆的概念として位置づけられ、50年以上経た現在も教育現場で実用されている稀有な日本発テスト理論である。

## 1. 原著者・佐藤隆博と開発の歴史的経緯

S-P表理論の開発者は佐藤隆博（Takahiro Sato）であり、当時日本電気株式会社（NEC）コンピュータ・通信システム研究所に所属していた。開発年は1969年とされ、体系的な著作として1975年に明治図書出版から『S-P表の作成と解釈―授業分析・学習診断のために―』（A5判168頁）が刊行された。これがS-P表理論の原典として位置づけられる。

### 佐藤による主要著作

著者	タイトル	発行年	出版社
佐藤隆博	S-P表の作成と解釈―授業分析・学習診断のために―	1975年	明治図書出版
佐藤隆博	S-P表の入門	1970年代後半	明治図書出版
佐藤隆博	コンピュータ処理によるS-P表分析の活用法	1980年代	明治図書出版

Sato, T.	The S-P Chart and The Caution Index	1980	NEC Educational Information Bulletin 80-1
Sato, T.	Introduction to S-P Curve Theory Analysis and Evaluation	1985	Meiji Tosho

S-P表の国際的な普及は、**1970年代後半**に龍岡誠博士を通じて台湾に紹介され、**1983年**に彰化師範大学の陳騰祥教授により本格導入された。日本国内では**1984年**の日本教育工学会設立以降、学会誌で多数の関連研究が発表された。

## 2. S-P表の理論的基盤と基本構造

### データ行列と並べ替え規則

S-P表は、**N人の生徒 (Student) × n個の項目 (Problem)** からなる二値行列Mを基盤とする。各セルには正答 (1) または誤答 (0) が記録される。

この行列を以下の規則で並べ替える：

- ・**縦軸 (生徒)**：合計得点の高い順に上から下へ配置
- ・**横軸 (項目)**：正答者数の多い順 (易しい順) に左から右へ配置

### S曲線とP曲線の定義

**S曲線 (Student Curve)** は、各生徒について左から正答数分のセルを数えた位置を結んだ階段状の折れ線であり、得点分布の累積度数分布に対応する。**P曲線 (Problem Curve)** は、各項目について上から正答者数分のセルを数えた位置を結んだ折れ線であり、項目困難度の視覚的表現となる。

S曲線とP曲線が完全に一致する場合、**完全なガットマン尺度 (Guttman Scale)**を形成し、これは「高得点者ほど難しい項目まで正答し、易しい項目は全員が正答する」という理想的パターンを意味する。実際のデータではこの理想からの逸脱が生じ、その逸脱度を定量化するのが注意係数である。

### 3. 注意係数の数学的定式化

#### 生徒の注意係数（CS: Caution Index for Student）

生徒*i*に対する注意係数CSは以下の式で定義される：

$$CS_i = (A - B) / (C - D \times E)$$

ここで各変数は：

- **A**：生徒*i*のS曲線より左側の誤答（0）に対応する項目の正答者数の和
- **B**：生徒*i*のS曲線より右側の正答（1）に対応する項目の正答者数の和
- **C**：生徒*i*のS曲線より左側の項目の正答者数の和
- **D**：生徒*i*の合計得点
- **E**：全項目の正答者数の平均

共分散を用いた確率論的表現では：

$$CS_i = \text{Cov}(Y-X, Z) / \text{Cov}(Y-R, Z)$$

この式において、*X*は生徒*i*の正誤ベクトル、*Y*は期待される正答パターン、*Z*は項目正答率ベクトル、*R*は生徒*i*の正答率に等しい確率で1をとる確率変数である。

#### 英語文献での定式化（UK Ofqual, 2018）

国際文献では注意係数Cは以下のように表記される：

$$C = 1 - \text{Cov}(X_n, p) / \text{Cov}(X_n^*, p)$$

ここで、*p*は項目正答率ベクトル、*X<sub>n</sub>*は受検者*n*の回答ベクトル、*X<sub>n</sub><sup>\*</sup>*は受検者*n*が最も易しい*r<sub>n</sub>*個の項目のみに正答した場合の理想ベクトルである。C=0は完全なガットマンパターンを示し、**0.5以上で要注意、0.75以上で特に注意**とされる。

#### 問題の注意係数（CP: Caution Index for Problem）

項目*j*に対する注意係数CPは、生徒と項目の役割を入れ替えて同様に定義される。P曲線の上側で誤答した生徒の正答数の和と、P曲線の下側で正答した生徒の正答数の和の差分を正規化した値である。

## 4. 差異係数と関連指標

### 差異係数（Disparity Coefficient: $D^*$ ）

差異係数は、S曲線とP曲線に囲まれた面積（分離面積）を、ランダム反応時の期待値で除した比率である：

$$D^* = \text{S曲線とP曲線の間面積} / \text{ランダム反応時のS-P曲線間面積の期待値}$$

$D^*=0$ はS曲線とP曲線が一致する完全なガットマン尺度を意味し、値が大きいほどテスト全体の反応パターンの一貫性が低いことを示す。

### 同質性係数（Homogeneity Coefficient）

テスト全体における項目間の同質性を評価する指標であり、S曲線とP曲線の形状の類似度から算出される。差異係数と組み合わせてテストの品質評価に使用される。

## 5. 国際文献での受容とIRTとの関係

### Tatsuokaによる理論的拡張

S-P表理論の国際的普及において最も重要な役割を果たしたのは、イリノイ大学の **Kikumi K. Tatsuoka** である。Tatsuokaは1984年にPsychometrika誌に発表した論文"Caution indices based on item response theory"において、S-P表の注意係数をIRTの枠組みに統合した**拡張注意係数（Extended Caution Index: ECI）**を提案した。

主要な拡張注意係数は以下の通り：

$$ECI_1 = 1 - \text{Cov}(X_n, p) / \text{Cov}(P_n, p)$$

$$ECI_2 = 1 - \text{Cov}(X_n, G) / \text{Cov}(P_n, G)$$

ここで、 $P_n$ はIRTモデルから推定される受検者nの正答確率ベクトル、 $G$ は全受検者の平均正答確率ベクトルである。

### Modified Caution Index (MCI)

**Harnisch & Linn (1981)** は修正注意係数（MCI）を提案した。MCIは0（完全なガットマン）から1（逆ガットマン）の範囲をとり、**0.30以上**で異常反応パターンとして判定される。**Karabatsos (2003)** の比較研究では、MCIは36種類の個人適合度指標中**上位5位**の検出力を示した。

### 主要な国際学術文献

著者	タイトル	年	掲載誌
Tatsuoka, K.K.	Caution indices based on item response theory	1984	Psychometrika
Harnisch & Linn	Analysis of item response patterns	1981	Journal of Educational Measurement
Blixt & Dinero	Validity of diagnoses based on Sato's Caution Index	1985	Educational and Psychological Measurement
Stansfield & Kenyon	Modified scoring and Sato's caution index	1993	Language Testing

Sinharay	Asymptotic corrections of standardized extended caution indices	2016	Applied Psychological Measurement
He, Meadows & Black	Statistical techniques for studying anomaly in test results	2018	Ofqual Technical Report

## 6. S-P表とIRTの理論的關係

S-P表とIRTは相補的な關係にあり、両者の特徴を以下のように対比できる：

観点	S-P表分析	IRT
統計的性質	ノンパラメトリック	パラメトリック
能力推定	素点（正答数）ベース	潜在特性値 $\theta$
項目特性	正答率、注意係数	困難度 $b$ 、識別力 $a$ 、当て推量 $c$
モデル仮定	仮定なし	ロジスティック関数等
適用規模	小規模（学級単位）に適合	大規模テストに適合
計算負荷	低い	高い

S-P表のP曲線は、IRTにおける項目特性曲線（ICC）の離散的近似とみなすことができる。また、注意係数はIRTにおける**個人適合度（person fit）指標**の先駆的概念として位置づけられ、異常反応パターンの検出という観点で両理論は共通の目的を持つ。

## 7. 教育現場での実践応用

---

### 文部科学省による公式採用

2018年（平成30年）より、文部科学省は全国学力・学習状況調査の結果分析ツールとして「学校／学級別解答状況整理表（S-P表）」を全国の市町村教育委員会・学校に提供を開始した。これにより、S-P表は日本の公教育における標準的な学習診断ツールとしての地位を確立した。

### 足立区における成功事例

東京都足立区では、S-P表分析を以下のように体系的に活用している：

- 注意係数を用いた補習対象者の選定
- 誤答パターン分析に基づく授業改善プランの策定
- 習熟度別指導への活用
- 正答率が低かった単元からの「つまずき検定」実施

この取り組みにより、低学力層の減少に成功したことが報告されている。

### 利用可能なソフトウェア

育伸社の学力テストWEBサービス、日本標準のCBT国語・算数、四谷大塚のシステムなどがS-P表機能を提供している。国際的には、Rパッケージ「PerFit」（Tendeiro, 2015）がMCIを含む複数の個人適合度指標を実装し、台湾では「PCSP 1.0」（Pham et al., 2015）が多値データ対応のS-P表分析を可能にしている。

## 8. 結論：50年を経て現役のテスト理論

---

S-P表は、複雑な統計モデルを必要とせず視覚的・直感的にテスト結果を分析できる点に強みがある。注意係数は「体温計の37°Cの赤線」に例えられ、0.5以上で検討が必要という明確な判断基準を提供する。IRTが大規模標準テストで主流となった現在でも、S-P表は学級単位の形成的評価において実用的価値を保持しており、文部科学省の公式採用はその証左である。

Tatsuokaらの研究を通じて国際的な心理測定学にも影響を与え、個人適合度研究の一領域を形成した点は、日本発のテスト理論としての学術的貢献として評価される。

**参考文献の入手について：**佐藤隆博の原著『S-P表の作成と解釈』（明治図書、1975年）は絶版となっているが、国立国会図書館や大学図書館で閲覧可能である。Tatsuoka（1984）のPsychometrika論文はSpringerLinkで電子版が入手できる。文部科学省のS-P表活用ガイドは公式ウェブサイト<sup>1</sup>で無償公開されている。