

科学的推論能力テストと 大学入試センター試験の比較分析


林 篤裕

(名古屋工業大学 社会工学専攻
& アドミッションオフィス長)

e-mail: hayashi.atsuhiro@nitech.ac.jp



1. はじめに

- 科学的推論能力テスト
 - Science Reasoning Test、SR-Test
 - 受験者の問題解決特性を把握する試験
- 提示された資料をもとに読み解いて
問題解決を行うタイプの試験
 従来の学科目試験
- 大学1年生を対象とした測定実験
 - SR-Testの実施結果
 - 従来型の理科科目成績との比較分析

2. 「科学的推論能力テスト」とは

- AAP : ACT Assessment Program
 - 非営利法人 ACT, Inc. が提供
(American College Testing, Inc.)
 - 教科カリキュラムに基づくテスト
 - 英語 : 70問(45分)
 - 数学 : 60問(60分)
 - 読解 : 40問(35分)
 - 科学的推論能力テスト : 40問(35分)
 - 多肢選択型設問
- ACTの許諾を得て実験に利用

試験問題の特徴

- 自然科学分野の論理思考に関する能力
- 受験者の問題解決特性を把握する試験
- 自然科学に必要な判断能力、分析能力、評価能力、論理性、問題解決能力を測る
- 個々の Passage (大問)
 - A. 科学的な情報を提示する資料部分 : 3種類
 - B. 資料に続く幾つかの多肢選択式の設問群

資料の提示形式

- 3種類

- ① データによる表示 : Data Representation

- グラフや表

- ② 研究の要約 : Research Summaries

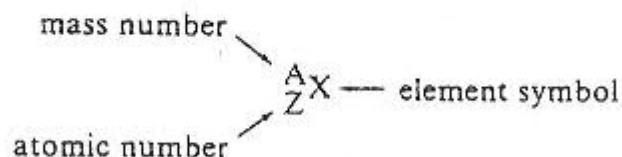
- 実験デザインや実験データ

- ③ 相反する観点 : Conflicting Viewpoints

- いくつかの仮説や視点

Passage 1

すべての原子は、陽子(陽電気で荷電した粒子)と電子(陰電気で荷電した粒子)から構成されており、特定の原子は同数の陽子と電子を持つ。この数は原子番号(atomic number)と呼ばれており、記号 Z で示される。また、原子の重さは質量数(mass number)と呼ばれており、記号 A で示される。質量数はその原子核に含まれる陽子と中性子(中性、荷電されていない粒子)の数を足したものとして計算される。



同じ元素で同じ原子番号を持っているにも関わらず、質量数が異なるものを同位体と呼ぶ。安定的な同位体の幾つかについて質量数ごとの構成比率を以下の表に示す。

atomic number (Z)	1	Hydrogen H	99.9 %	0.1 %																
	2	Helium He			100 %															
	3	Lithium Li				7.5 %	92.5 %													
	4	Beryllium Be						100 %												
	5	Boron B						20 %	80 %											
	6	Carbon C								99 %	1 %									
	7	Nitrogen N										99.6 %	0.4 %							
	8	Oxygen O												99.7 %	0.1 %	0.2 %				

資料の提示形式

- ① データによる表示 : Data Representation
 - グラフや表
- ② 研究の要約 : Research Summaries
 - 実験デザインや実験データ
- ③ 相反する観点 : Conflicting Viewpoints
 - いくつかの仮説や視点

Passage 2

ある科学者が木の枝の成長に日光と温度がどのような影響を与えるかを決定したいと考えている。

[実験 1]

成熟した松の木を春の山の南斜面に置いた。その枝の一つに透明なビニール袋をかぶせその口を固く結んだ。袋の中に外気を注入し一定時間経過した後に抜き取ることによって、二酸化炭素(CO_2)の濃度の変化を経時的に測定した。また、その枝の近くに太陽光の強度を測定する機器(測定単位は Langley/minute)と気温を測定する機器(摂氏、 $^{\circ}\text{C}$)を設置した。気温が低かったのは午後 9 時から午前 6 時の間の 2°C であり、高かったのは午前 11 時から午後 2 時の間の 18°C であった。一方、枝の直径は順に細くなっていき、午前 10 時から午後 4 時の間が一番細い状態で推移した。その後順に太くなっていき、午後 9 時から午前 7 時の間が一番太い状態で推移した。太陽光の強度を Figure 1 に、 CO_2 の変化を Figure 2 に示す。

(補足: 図中、 CO_2 の正の値は CO_2 の放出を示し、負は吸収を示す。)

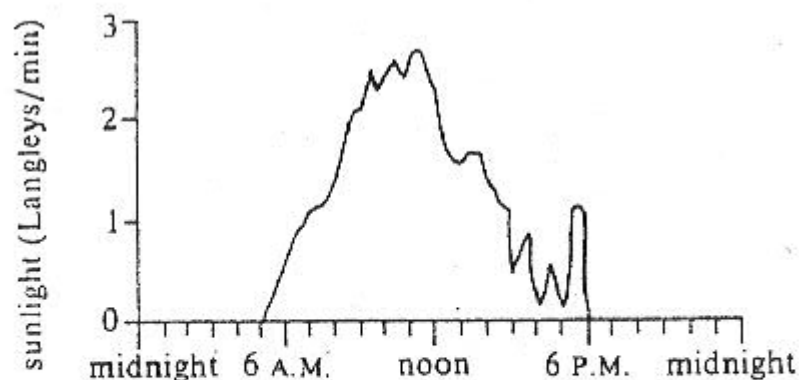


Figure 1

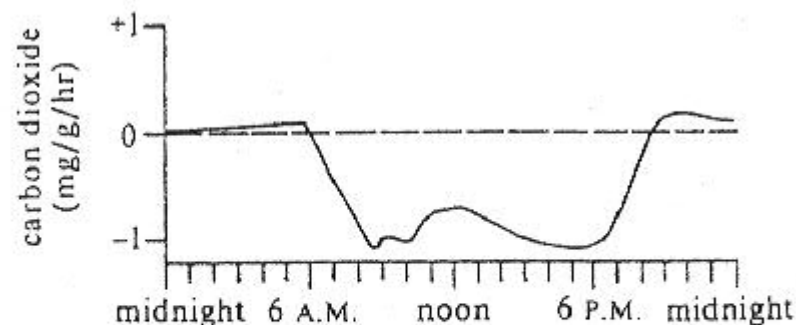


Figure 2

(補足 : CO_2 の濃度は袋に注入した時の濃度と抜き取った時の濃度の差として表示されている。)

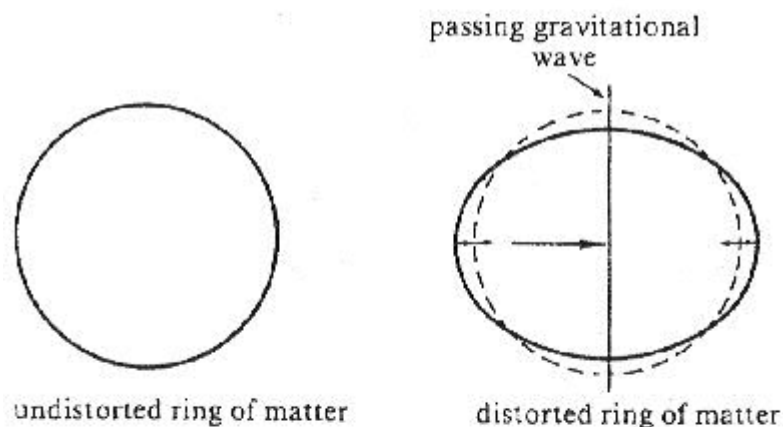
資料の提示形式

- ① データによる表示 : Data Representation
 - グラフや表
- ② 研究の要約 : Research Summaries
 - 実験デザインや実験データ
- ③ 相反する観点 : Conflicting Viewpoints
 - いくつかの仮説や視点

Passage 4

Gravitation is the attractive force that all masses exert on other masses. It increases as the masses of the attracting objects increase. However, when large stars explode or undergo rapid changes in motion, gravitational radiation is emitted. Gravitational radiation moves away from its source at the speed of light (3×10^8 km/sec) as ripples or waves traveling through the otherwise smooth gravitational field of space. This is similar in concept to the way water waves travel along the otherwise smooth liquid surface.

However, gravitational waves are special because as they pass, they cause matter to distort as shown below.



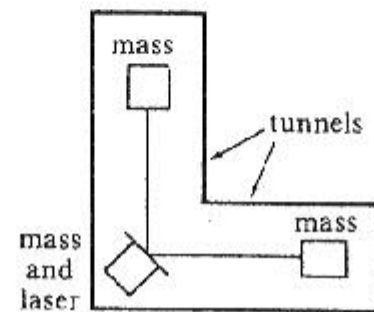
Since gravitational waves are extremely weak and therefore hard to detect, two physicists discuss alternative methods of detecting them.

Physicist 1

Gravitational waves can be detected using aluminum cylinders that are 1 meter in diameter and 2 meters long as

Physicist 2

Since the energy in traveling gravitational waves is so low, a very long antenna is needed to detect them. Lasers will be used to detect the changes in distance between locations in an L-shaped antenna, as shown below. Detection of gravitational waves will be possible because as they pass through the antenna, the lengths of the tunnels will change by different amounts.



Because this antenna is not a vibrating cylinder, it will be 1,000 times more sensitive than Physicist 1's antennas. In addition, like water waves, different gravitational waves have different wavelengths. Physicist 1's vibrating cylinder antennas can only detect gravitational waves that have a few specific wavelengths. The antenna will be able to detect gravitational waves with a wide range of wavelengths.

- D1. According to Physicist 2, Physicist 1's antenna is ineffective because it is:
- F. not properly shielded from Earth vibrations.
 - G. not sensitive enough.
 - H. too sensitive.

SR-Testの設問

- 科学的思考を用いて辿り着くこと
- 提供された情報をもとに
 関連する概念を発見・把握し、理解
- 提示された情報と各自で引き出した結論
- 明らかになった仮説
- 批判的に吟味する必要性も
- 事実を知っているかということよりも、
提示された情報から科学的論理思考を
行う能力があるかどうかを測る

3. 実験方法

- SR-Testの一つの版を利用
- 522名の大学 1年生、45分間で解答
- 7つの Passage (総設問数 40)

- 割り付け
 - 次ページの属性に注意しながら
 - なるべく均等になるように

実験実施時の各種属性

- 冊子 : オリジナルは英語
 - 「英語/日本語冊子(ej冊子)」 : 後半 3つを和訳
 - 「日本語/英語冊子(je冊子)」 : 前半 3つを和訳
 - Passage 4 はどちらの冊子でも英語のまま
- 提示順
 - 「Passage 1から7の順で提示する冊子」
 - 「この逆順で提示する冊子」
- 被験者
 - 「文系」
 - 「理系」

表1. 各 Passage の取り扱っている題材

大問番号	設問数	取り扱われている題材	関係するトピック
Passage 1	5	元素の同位体	物理、化学
Passage 2	6	光合成による CO ₂ の収支	生物
Passage 3	5	原生動物の分類	生物
Passage 4	7	重力の測定方法の検討	物理、地学
Passage 5	6	放射性元素の半減期による年代測定	物理
Passage 6	6	ビタミン C の含有量測定	化学
Passage 7	5	振り子の運動	物理

4. SR-Testの解答結果

- 正答数分布：平均正答数を中心にほぼ対象
– 各属性ごとの正答率：表2, 3 及び図 1, 2

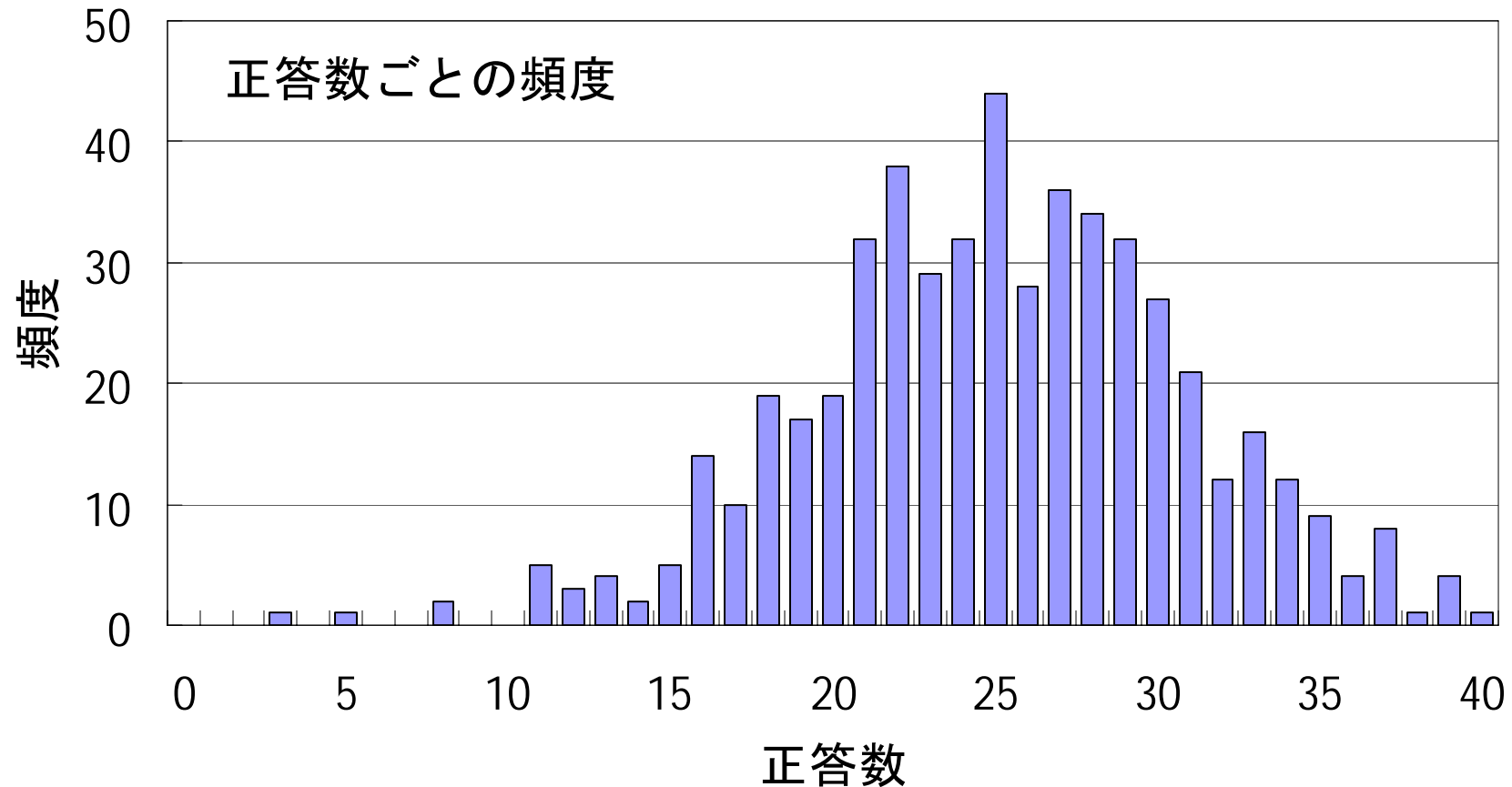
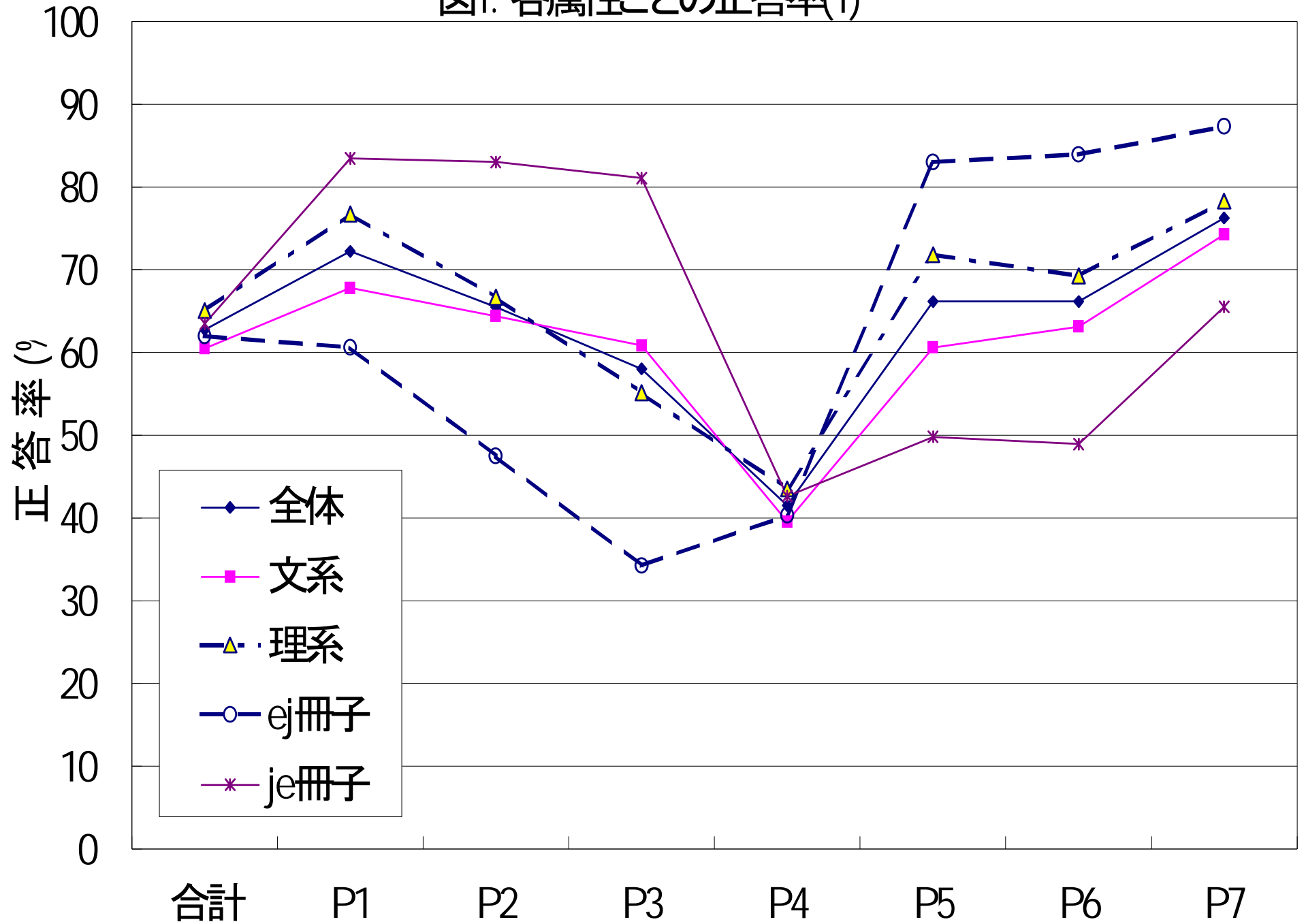


図1. 各属性ごとの正答率(1)



(1) 文系学生には不利

- 対理系学生で 2設問分程度正答数が少ない
- 取り扱っているテーマが理科の科目?

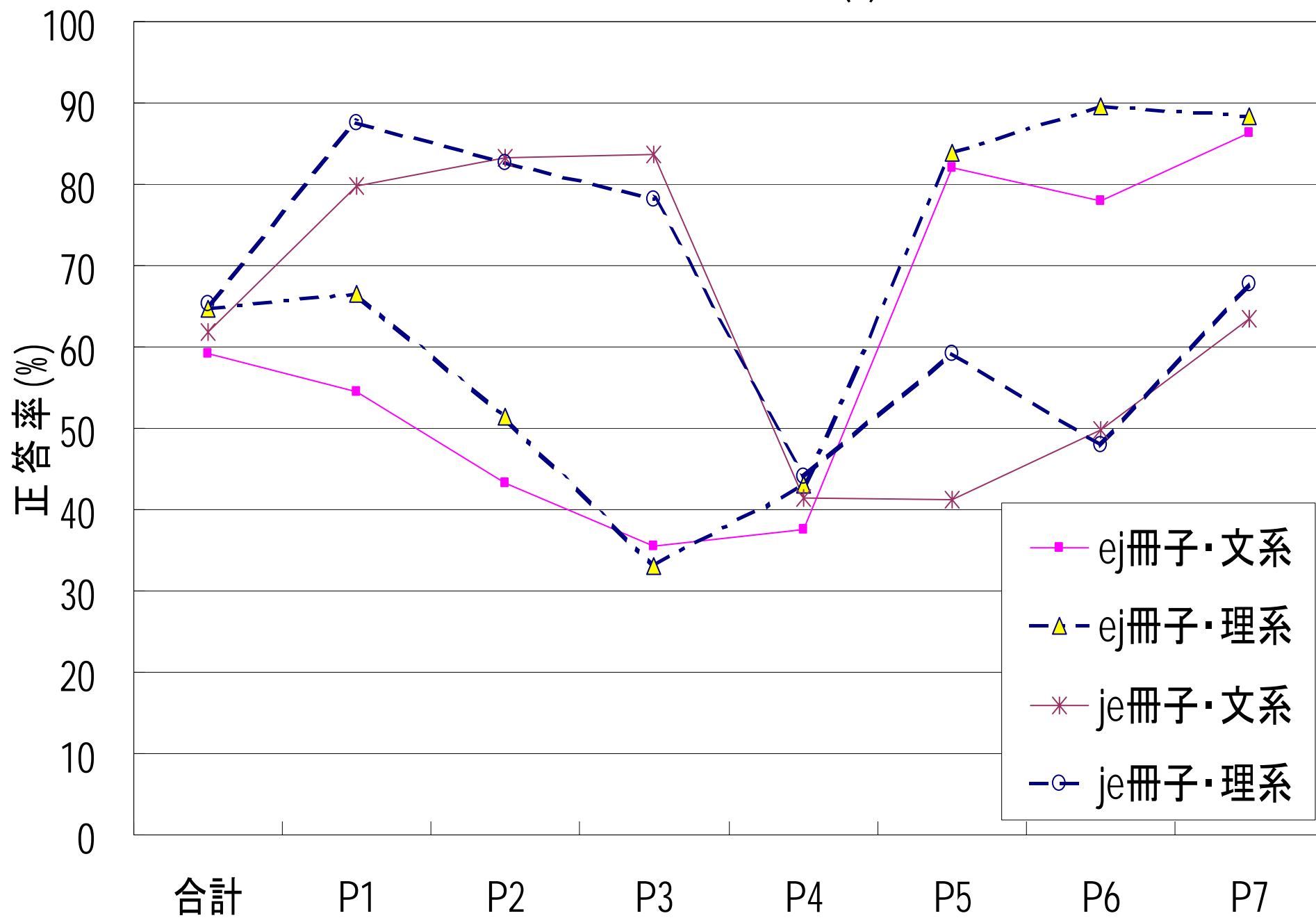
(2) 日本語では平易な設問

- 日英で比較すると35ポイント前後
- 最大で 50ポイント近い差がある

(3) Passage 4は群による差がない

- どの群でも正答率はほぼ 40%
- 英語でしか出題されていない
- 解答順序の条件はどの冊子でも同じ

図2. 各属性ごとの正答率(2)



(4) Passage の提示順

- 後で提示される Passage の方が成績が悪い
- 解答の時間が不足することによる未着手
- 実験全体では、提示順の影響は相殺

(5) 文/理、ej /je冊子の組み合わせ

- 成績順 : 理系で je冊子、理系で ej冊子、
文系で je冊子、文系で ej冊子

(6) 分散分析

- 3因子: 文系/理系、ej冊子/je冊子、Passage 昇順/降順
- 文系/理系因子のみ有意 ($F(1, 515)=13.76, p<0.01$)

5. SR-Test と理科科目の比較

- SR-Testは理科科目を題材
- 被験者の理科科目の能力との関係は？
- 被験者には、SR-Test以外に
大学入試センター試験の一部科目も受験
- 理科科目については、
各自の入試受験時の理科科目の 1科目
- 理科科目の受験時選択パターン毎の
SR-Testの成績を算出、文系/理系で分類

図3. 理科受験科目ごとの正答率

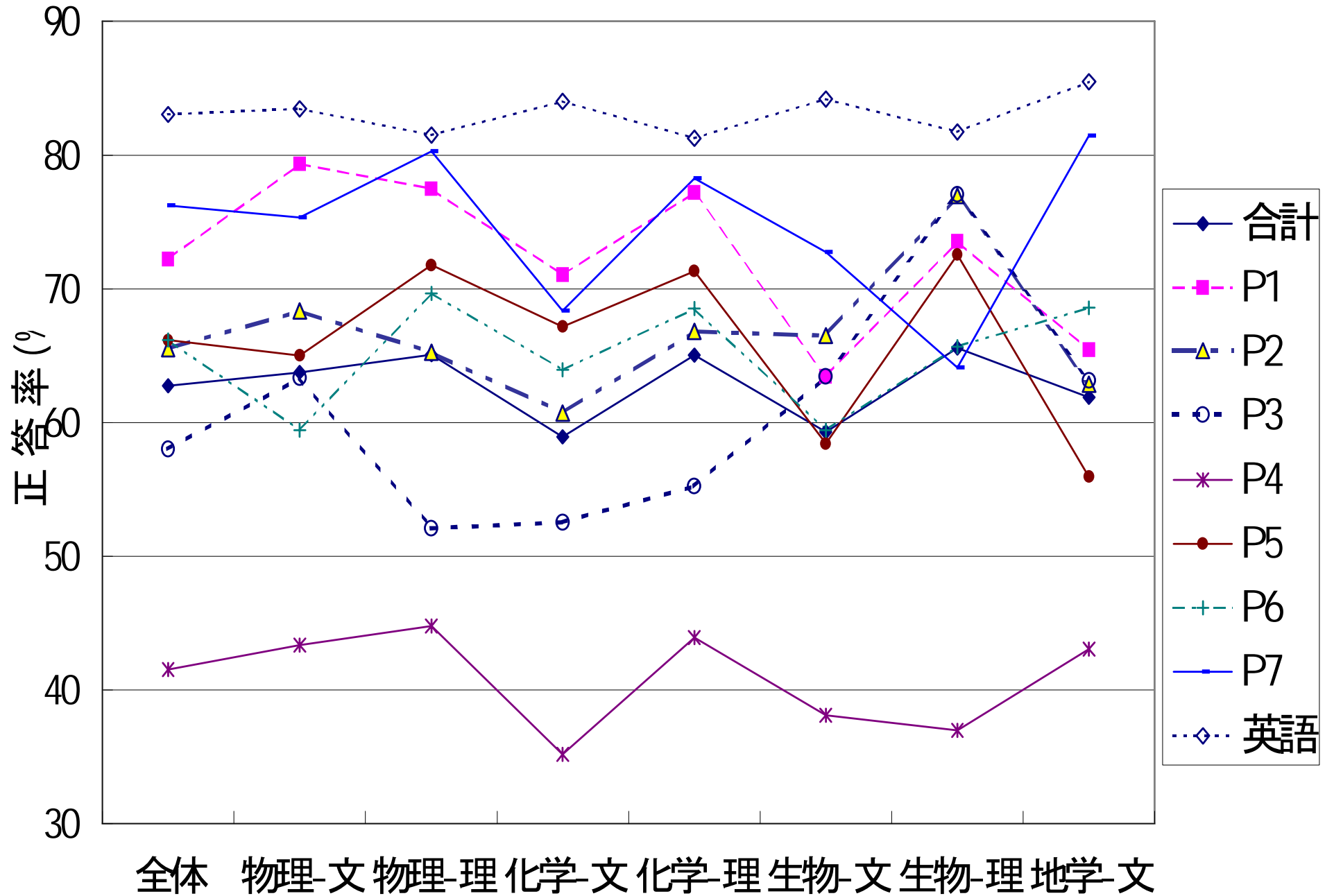


図3. 理科受験科目ごとの正答率(生物関係)

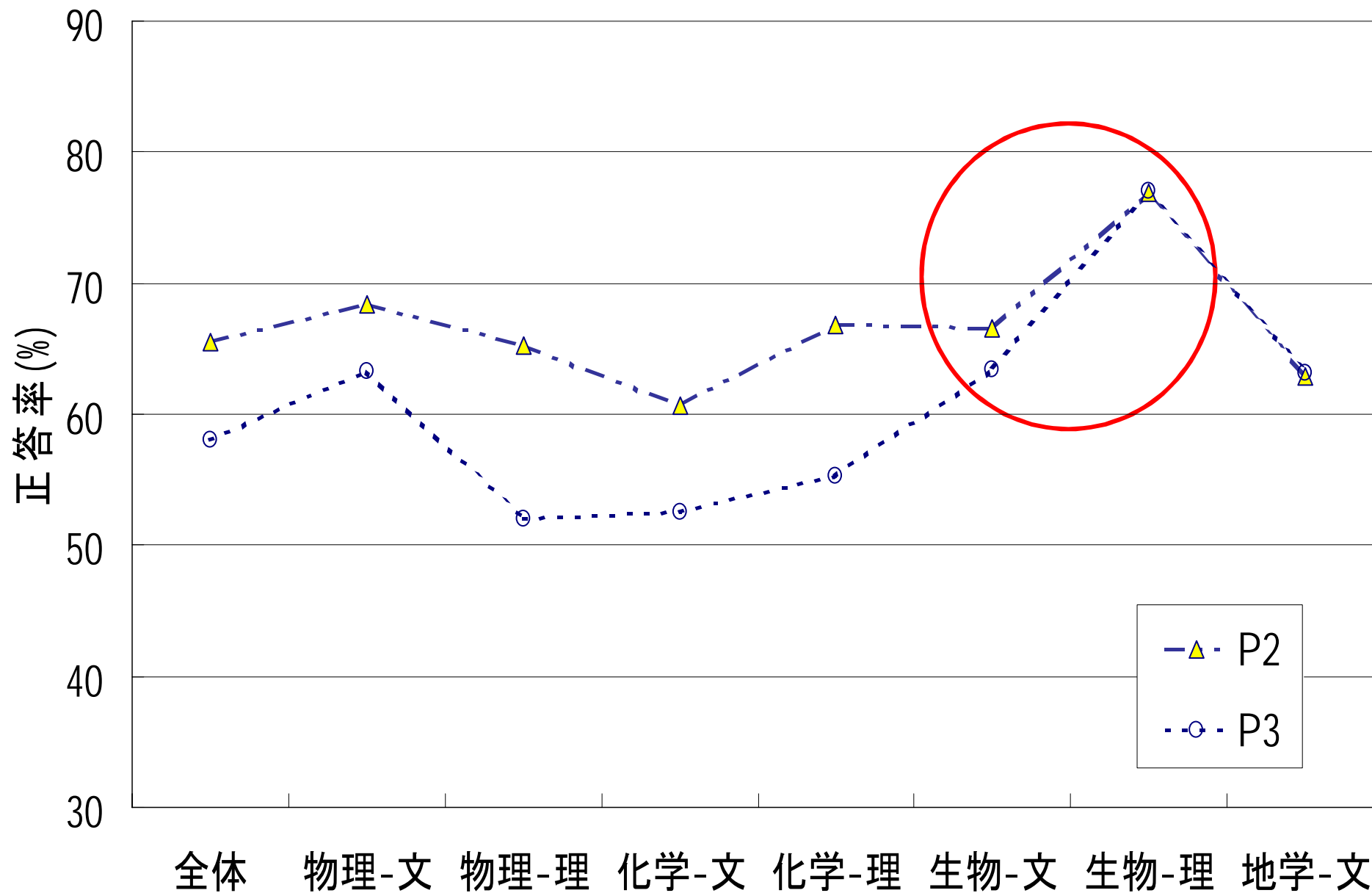
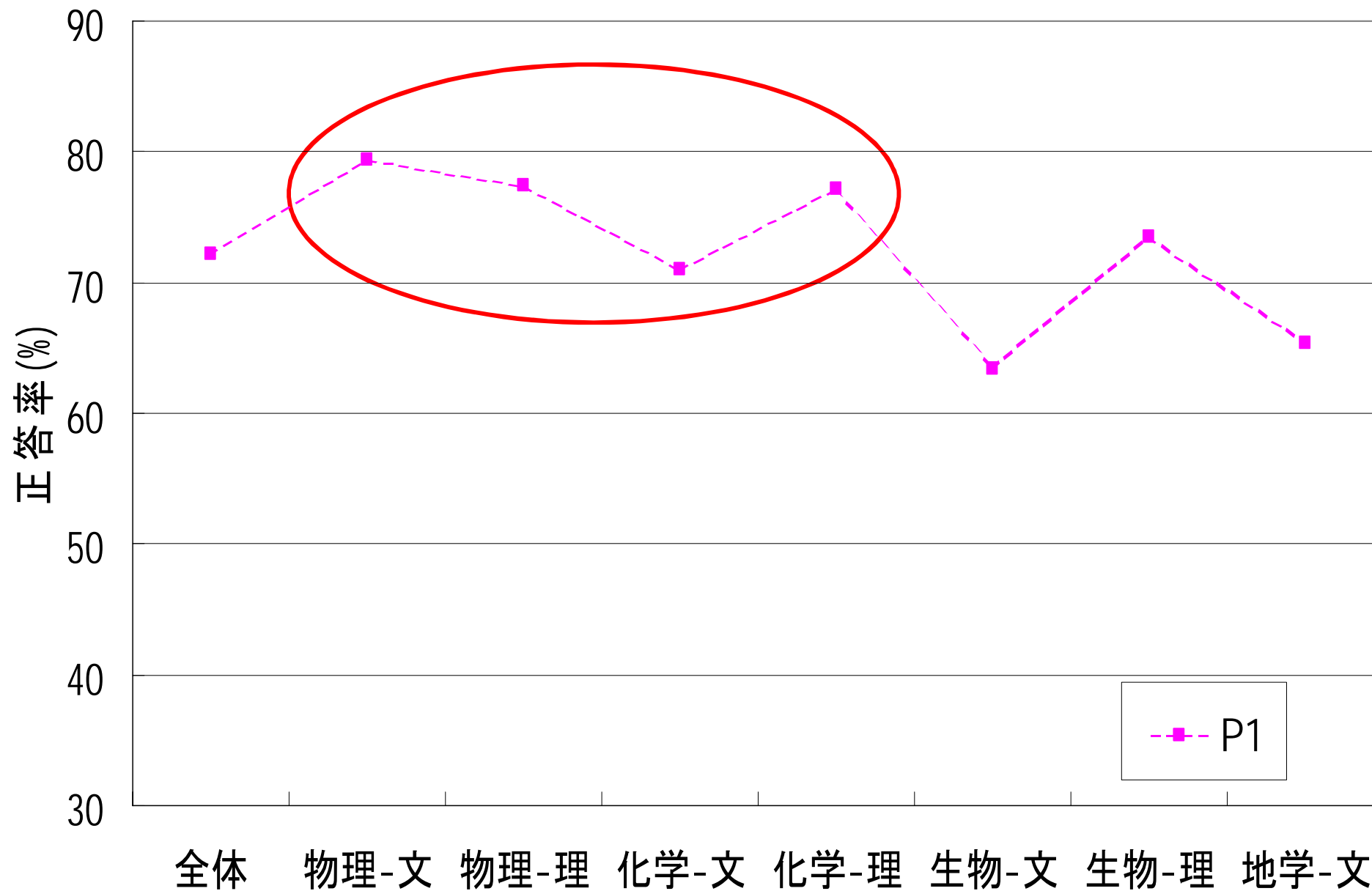


図3. 理科受験科目ごとの正答率(物理関係)



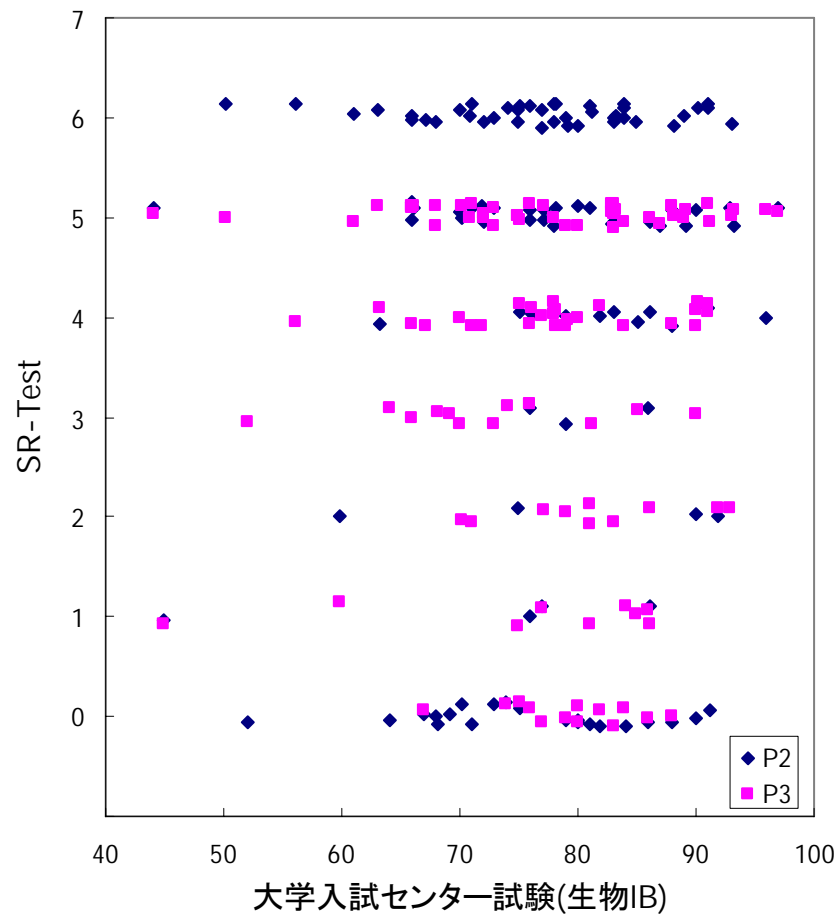
- 生物の一単元
 - Passage 2 : 光合成
 - Passage 3 : 原生動物の分類

➡ 生物選択者の成績が良い
- 物理や化学の一分野
 - Passage 1 : 元素の同位体

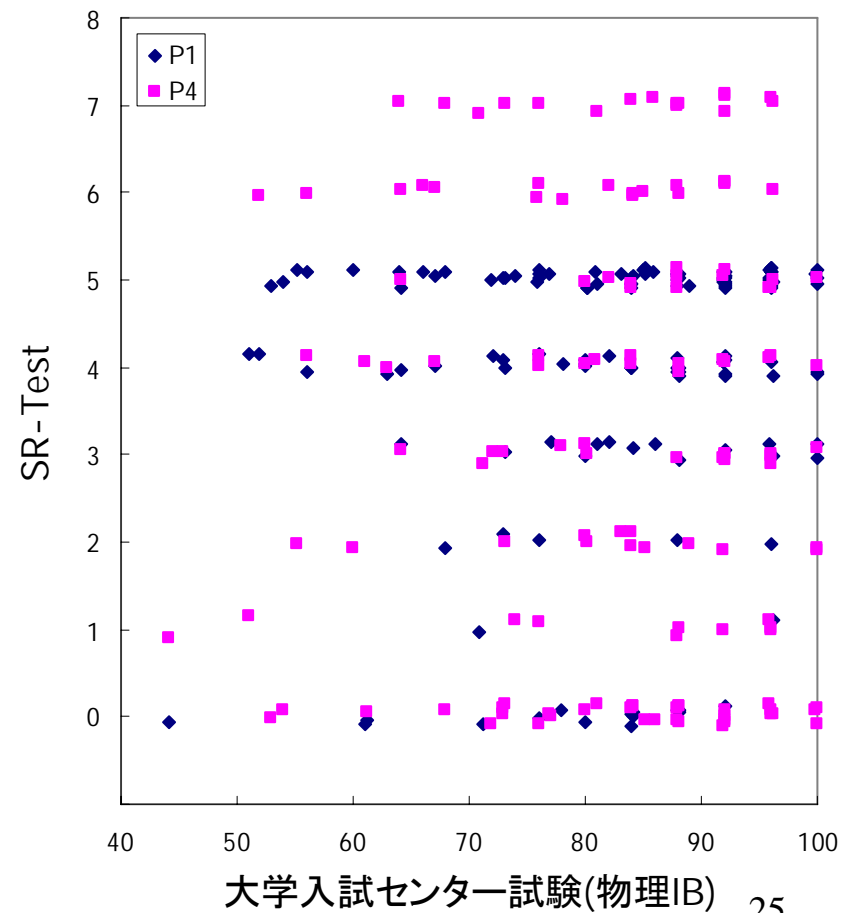
➡ 物理や化学の選択者の成績が良い
- 生物を選択した学生について :
 - 生物のセンター試験の成績と、
Passage 2 の成績を比較 ➡ 図

SR-Test と理科科目試験の関係

生物受験者



物理受験者



- 生物を選択した学生：
 - 生物のセンター試験の成績と、
Passage 2 の成績を比較
 - 有意な相関は認められない
 - 他の 3科目も同様

- 大学受験時の理科科目の選択とSR-Testの成績
 - 若干の関係があるようだ
- 理科の選択科目を特定した場合
 - 両者には明確な関係が認められない
- 英語の成績は各群で差異がない
 - 各群が均等に割り付けられている
- 回帰モデル
 - SR-Testを「理科科目の成績」と「英語」で説明
 - 有意な関係が認められたのは「英語」だけ
 - テストの半分以上が英語で記述されている

今回、判ったこと

現段階では、

- 大学入試センターの理科科目選択パターン
- SR-Testの成績
→ 両者には関係がある
- 理科の選択科目を特定した場合
 - 両者には明確な関係が認められない
- 両者は自然科学分野に必要な能力の異なった側面を測定しているのではないか

6. まとめ

- 従来型の理科科目試験
- 問題解決能力を測る科学的推論能力テスト
→ どの様な能力を測定しているかを比較
- 大学1年生に対して調査
- その解答行動を解析

- 従来型の理科科目成績との関係
 - 現在のところ、明確ではない
- 今後の更なる調査が必要

今後の方策

- Passage の解答順(取り掛かった順番)の解析
- 別の観点からの指標が必要
 - 理科の問題解決能力、論理的思考能力
 - 自然科学分野の論理思考に関する能力
 - 追跡調査等
- より良い実験デザイン
 - 理科科目試験については 1科目のみだった
 - 英語だけでなく、数学や国語を含めて