

# 誤答を含めた力学概念調査 (FCI) の回答分析の試み

近藤隆司\*1, 後藤善友\*2

\*1 大分大学理工学部, \*2 別府大学短期大学部

## Attempt to analyze the answers of Force Concept Inventory including incorrect answers

Ryuji Kondo\*1, Yoshitomo Goto\*2

\*1 Faculty of Science and Technology Oita University, \*2 Beppu University Junior College

理工系学部初年度の講義で実施した、力学概念テスト (FCI) の報告である。正答に基づく主成分分析では、主成分と誤概念カテゴリーとの相関は観察されなかったが、誤概念に相当する選択肢の選択回数に対して局所線形埋め込み (LLE) を適用したところ、カテゴリーCI3 に依存した分布が見られた。

キーワード: 力学概念調査, FCI, 誤概念, 局所線形埋め込み, LLE

### 1. はじめに

力学分野の概念把握を調べる手法としては、力学概念調査 (FCI) がある<sup>(1)</sup>。これは定性的な問い 30 問で構成されている。それぞれ 5 つの選択肢から選んで回答し、正答以外の選択肢は力学現象に対する素朴な誤概念を抽出するように工夫がなされている。D. Hestenes 等は、誤概念として 31 個のカテゴリーを示しているが<sup>(2)</sup>,その幾つかと対応する FCI における誤答の選択肢を表 1 にあげる。この調査を初年次の「力学」の講義の最終日に、117 名を対象として実施した。

表 1 誤概念のカテゴリーと対応する FCI 選択肢

I1	Impetus supplied by "hit" Inventory Item : 5CD, 11BC, 27D, 30BDE
I3	Impetus dissipation Inventory Item : 12CDE, 13ABC, 14E, 23D, 24CE, 27B
AR1	Greater mass implies greater force Inventory Item : 4AD, 15B, 16B, 28D
AR2	Most active agent produces greatest force Inventory Item : 15C, 16C, 28D
CI3	Last force to act determines motion Inventory Item : 8A, 9B, 21B, 23C

### 2. 調査結果

FCI 得点の平均値は 17.5 点であった。力学学習の準備ができているとされる 60% (18 問) 以上は 54 人、概念を把握していると言われる 85% (26 問) 以上は

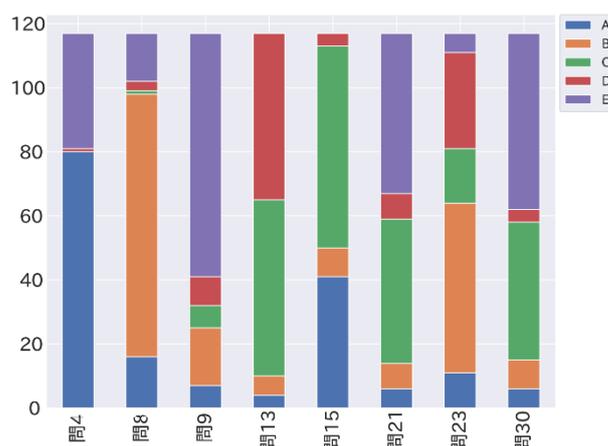


図 1 問いごとの各選択肢回答数

10 人であった。図 1 に問いごとの選択の割合を幾つかあげる。問 4, 問 13, 問 15, 問 30 は誤答の選択肢が最多となった。当てはまるカテゴリは、問 4 の 4A は AR1, 問 13 の 13C は I3, 問 15 の 15C は AR2, 問 30 の 30E は I1 である。表 1 に示すように、4A と 15C は作用反作用に関わる誤概念で、13C と 30E はインペタスといわれる誤概念と関連している。図 2 に FCI 総得点と中間期末試験との相関をあげる。正の相関はあるものの、FCI の得点が 20 点付近を境にして分布に違いが見られる。20 点以上では分布のばらつきが小さく、20 点以下では大きい。これは力学的な概念の把握が不十分であっても通常の試験では高得点を得る場合があることを示している。

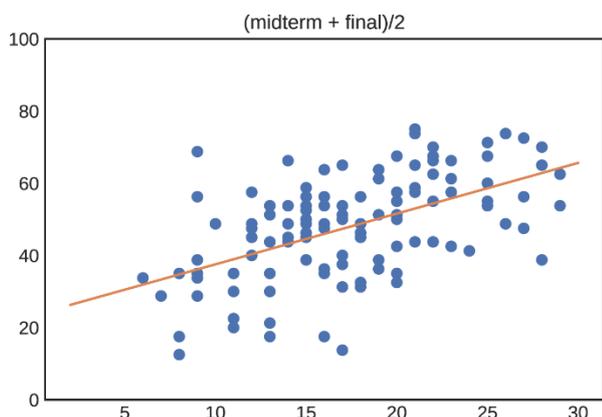


図 2 FCI 総得点と中間期末試験の相関

### 3. 調査結果の解析

FCI の各問いの得点を 30 次元のデータとして取り扱い主成分分析を実施した。図 3 はその第 1 と第 2 主成分による散布図である。FCI 総得点によって色分けされている。

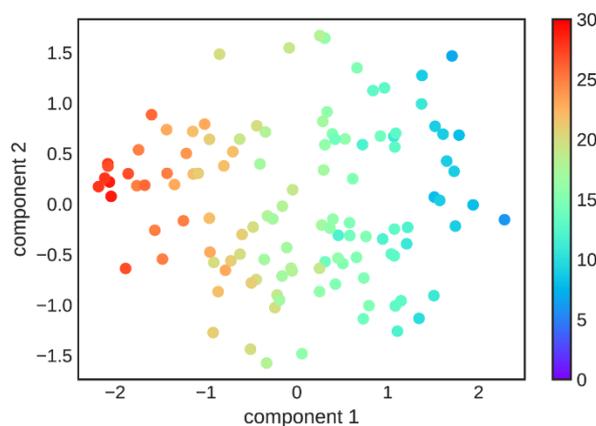


図 3 FCI 得点の第 1 主成分と第 2 主成分

図 3 からは総得点と第 2 主成分の関連は見る事ができない。横軸に沿っての総得点の変化が顕著である。また、誤概念の категорияと第 2 主成分との関連も見受けられなかった。FCI の特徴は工夫された誤答にある。そうであるなら、誤答の選択の有り様によって学生の類型評価を試みることも有意義と考え、誤答に基づく分析を試みた。誤概念の 31 の categoriaごとに選択数の和を集計し 31 次元のデータとして分析を実施した。その結果単純な主成分分析では、先と同様に、第 1 主成分は FCI 総得点と強く相関し、他の主成分と関連する誤概念 categoriaは見受けられなかったが、局所線形埋め込み (LLE) を利用した方法では FCI 総

得点以外の指標の重要性を示す分布が得られた (図 4)。

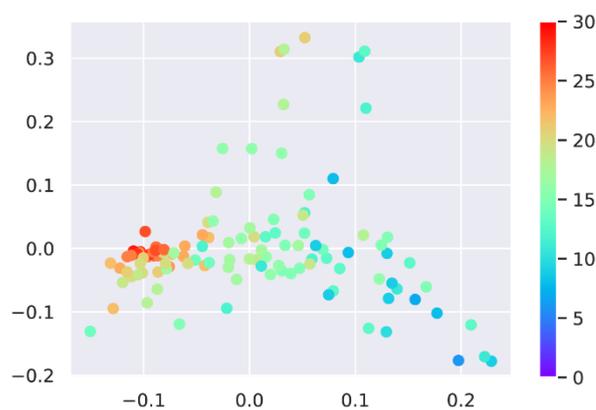


図 4 LLE による誤概念選択数分析の散布図

図 4 は LLE による散布図を FCI 総得点で色分けしたものである。第 1 成分と総得点との間に相関があり、また第 2 成分と関連して分布が上方に伸びている。

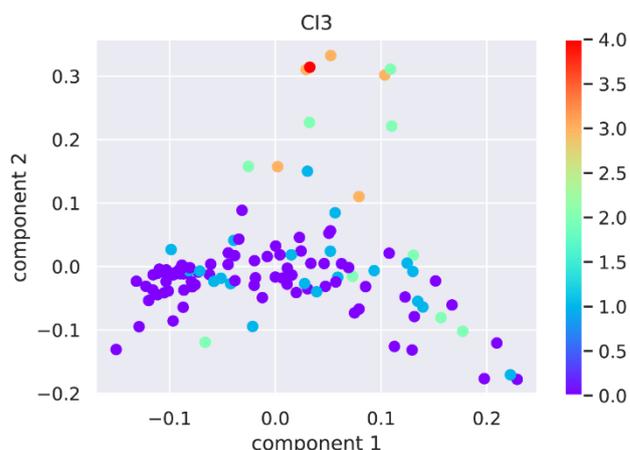


図 5 図 4 を CI3 カテゴリー得点数で色分け

図 4 の散布図を categoria CI3 の選択肢の選択回数 (最大 4 回) で色分けしたものが図 5 で、これによると第 2 成分方向への分布の伸びは categoria CI3 と関連したものと推察される。CI3 にあたる誤答は図 1 において、8A, 9B, 21B, 23C であり、これらを選択した学生がこの分布の要因となっていると思われる。以上のことから、正解に限らず誤答を用いた類型評価も可能ではないかと推測している。

### 参考文献

- (1) E.F. レディッシュ : “科学をどう教えるか”、丸善出版、東京(2012)
- (2) Hestenes, David and Malcolm, Wells and Swackhamer Gregg : “Force concept inventory”, The Physics Teacher, 30, pp.141 (1992)