

<第 1 部 統計的分析>

2. 震災前後で学力分布を比較するための手続

2.1. 本調査研究の構成

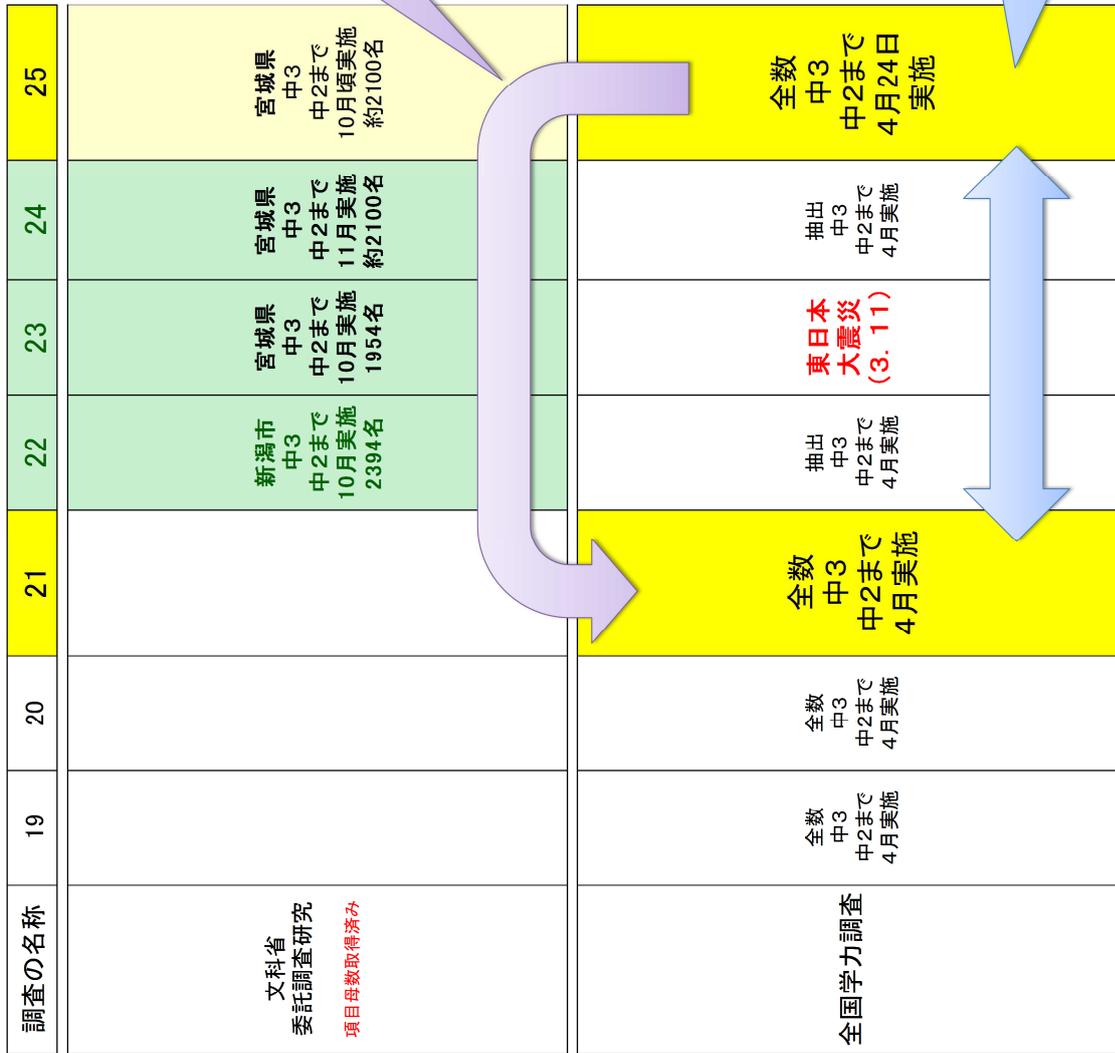
平成 21 年度並びに平成 25 年度に実施された全国学力・学習状況調査（全数調査）データを利用して、震災前と震災後の変化をとらえるには、両年度の得点が比較可能である必要がある。しかし、そのための直接的な情報、たとえば両年度間で同一の非公開の問題群や同一の児童・生徒集団などが存在しない。一方、平成 22 年度から平成 25 年度までの文部科学省委託調査研究によって得られた等化済みのデータは存在する。年度内における実施時期の影響をどう考えるかが問題であるが、時系列的には平成 21 年度の全国学力・学習状況調査と平成 22 年度の委託調査研究が接合できれば、委託調査研究データを通して、平成 21 年度及び平成 25 年度の全国学力・学習状況調査の結果が比較できるようになる。そのため以下のような手続により、近似的な比較をおこなうことを考える（図 1 参照）。

- (1) 対象教科は数学、学年は中学 3 年生とする。
- (2) 以下の 2 つの仮定を置く。いずれも実際にはきわめて厳しい仮定となるため、平成 21 年度と平成 25 年度の結果をあくまでも「近似的に」比較していることには注意が必要である。

【仮定 1】：先行研究並びに NAEP（National Assessment of Educational Progress：全米教育進捗度調査または全米学力調査）の分析結果等から、数年間程度のスパンでは学力分布にはほとんど変化が生じないことがわかっていることから、平成 21 年度及び平成 22 年度の全国学力調査のあいだで学力分布には差がないと仮定する。

【仮定 2】：年度内に於ける 2 つの調査の実施時期がずれていることから、生徒集団の学力は、秋に実施した委託研究調査を受けた時の方が春の全国学力・学習状況調査の際の学力よりも、平均的にみて向上していると考えるのは自然である。その変動分（増加分）を平成 21 年度と平成 25 年度ともに同一と仮定する。

- (3) 上記の仮定の下、平成 21 年度と平成 25 年度の全国学力・学習状況調査データのうち、宮城県のデータを平成 22 年度の文部科学省委託研究で得られた尺度上で表現する（対応づけする）ことによって比較する。
- (4) 一方、クロスチェックのため、全国学力・学習状況調査において平成 25 年度の全国データから推定した項目母数を、岩手県、宮城県、福島県のデータを含めた場合と含まない場合との 2 つのケースに分けて推定し、これらを互いに比較し、(3) との整合性を確認する。



- 自治体・学校等へのインタビュー
- 震災被害の状況等の公開数値データ
- 宮城県において実施された施策

テストの対応づけによる
平成21年度結果と
平成25年度結果の
比較可能化

(前提:平成21年度と平成22年度において、
新潟市の生徒集団分布に変化なし)

推算値による
学校ごと、自治体ごとの
震災前後の
集団統計量の比較
**Good Practice
の記録**

照合

標準化による
平成21年度結果と
平成25年度結果の
比較(クロスチャート)
(前提:平成21年度と平成25年度において、
被災3県を除く全国母集団分布には変化なし)

図1 本調査研究の概念図

2.2. 分析に利用したデータ

全国学力・学習状況調査

平成 25 年度データ（全数）

- ①学力調査データ（個人スコア・正誤/部分得点等・所属自治体・所属校）
- ②学習状況調査データ（個人の回答パターン・所属自治体・所属学校）
- ③教育委員会データ（自治体）

平成 21 年度データ（全数）

- ④中学数学データ（個人スコア・正誤/部分得点等・所属自治体・所属校）

平成 25 年度調査と平成 21 年度調査を対応づけるためのアンカーデータ

- ⑤平成 25 年秋に実施した重複テスト分冊法によるデータ
（ただし，中学校数学のみ）

2.3. データの収集手続

- 1) 全国学力・学習状況調査（①～④）については文部科学省より貸与を受けた。
- 2) 平成 21 年度調査と平成 25 年度調査を対応づけるためのアンカーデータは下記の手続により本年度あらたに収集した。

調査手続：

- ・調査対象は宮城県下の 6 つの自治体の約 30 校 2500 名の中学 3 年生
- ・実施時期は 10 月中旬
- ・実施教科は数学のみとする。生徒質問紙，学校質問紙は実施しない。
- ・調査方法は重複テスト分冊法（マトリックス・サンプリング）による。
- ・協力校，参加中学生へは個別フィードバックを行う。
- ・IRT 分析のための専用ソフトとしては EasyEstimation を採用した。

2.4 分析手続の概略

- 1) 学力データの正誤反応パターン等から項目反応理論（IRT）モデルを用いて項目母数の推定を行う。
- 2) 上の項目母数と各児童生徒の正誤反応パターンから平成 24 年度文部科学省委託研究で開発された方法により，生徒ごとに IRT 尺度値（推算値） θ を計算する。
- 3) 学習状況調査データは項目数が莫大なため，情報縮約をする目的で主成分得点にデータを圧縮する（NAEP 等で用いられている考え方と原理的には同じ）。
- 4) 2) ， 3) のデータをマージしたものに対して， θ を従属変数，学習状況調査データから得た主成分得点を独立変数，さらにデータの階層構造に，宮城県全体，自治体，学校の 3 つの水

準を設定し、マルチレベル分析を試みる。その際、宮城県教育委員会の協力を得て、学校区ごとの被災状況の指標も独立変数に取り込む。

5) 4) の結果、被災の程度に関わらず、学力が良好な学校、自治体を特定し、当該の教育委員会データ等にもとづく要因の検討とともに当該教育委員会並びに当該学校へのインタビュー調査を行い、学力を支えた条件等を探る。

2.5 震災前後の経年変化分析のための平成 21 年調査と平成 25 年調査との対応づけの手續と結果

対応づけのための表記を以下のようにする。

θ : 尺度値 (推算値)

θ^* : 等化または対応づけをした後の尺度値 (推算値)

以上はジェネリック表記として、個別集団を示す場合は、

θ_{ghij}

と表記する。ここで、g, h, i, j はそれぞれ、

g : 調査別

g=1 委託調査研究

g=2 全国学力・学習状況調査

h : 平成年度別

h=1 平成 21 年度調査

h=2 平成 22 年度調査

h=3 平成 23 年度調査

h=4 平成 24 年度調査

h=5 平成 25 年度調査

i : 県別

i=1 新潟県

i=2 宮城県

j : 全県・協力校別

j=1 新潟県または宮城県の全中学校

j=2 委託調査研究への協力中学校

のように定義する。たとえば、 θ_{2112} の場合は、全国学力・学習状況調査で平成 21 年度に実施し、新潟県の協力中学校から得られた尺度値であることを示す。一方、 θ_{1322} の場合は委託調査研究で平成 23 年度に実施し、宮城県の協力中学校から得られた尺度値であることを示す。

震災前後の変化を捉えるためには全国学力・学習状況調査のうち、全数で行われた平成 21 年度調査と平成 25 年度調査を比較する必要がある。しかしながら、両者に共通する情報が基本的にはないため直接の比較はできない。一方、平成 22 年度から平成 25 年度にかけて、文部科学省委託調査研究として、新潟市、宮城県の協力校のデータが存在している。このデータは IRT 等化によって平成 22 年度から平成 25 年度まで直接の比較が可能となっている。そこで、全国学力調査の平成 21 年度の θ_{2121} と平成 25 年度の θ_{2521} を、平成 22 年度に実施された新潟市の θ_{1212} を参照集団（ただし、IRT 母数の推定の際には母集団分布として標準正規分布を仮定）として、対応づけること（リンキング）を考える。ここで、対応づけとは、等化ほど強い条件をおかずに、たとえば、設計仕様は異なるものの互いに同一の学力を測定していると考えられる複数のテストを比較可能とする方法の総称である。

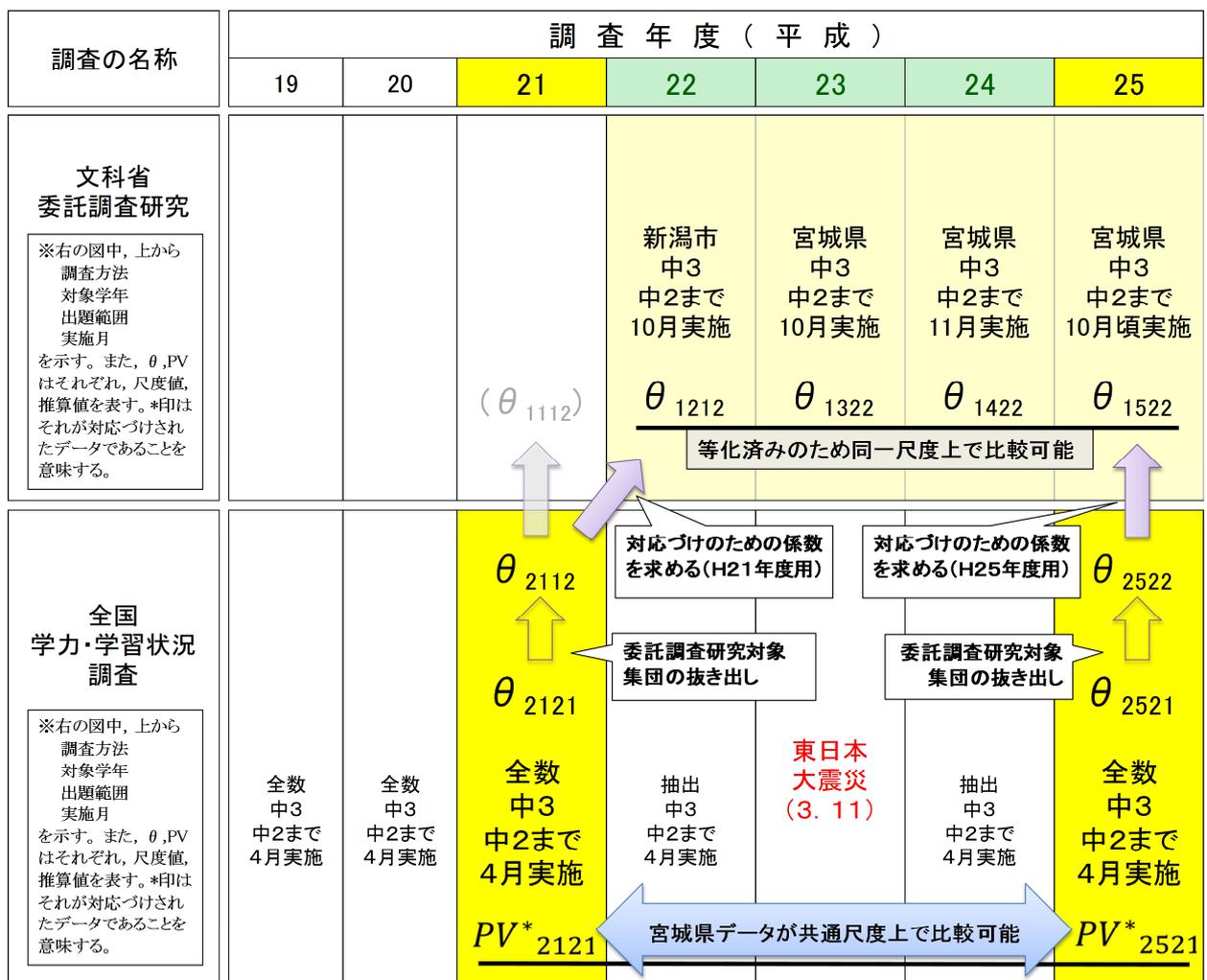


図 2 調査データ間の等化及び対応づけの関係

平成 25 年度の場合、まず、全国データのうち宮城県のデータ θ_{2521} に注目する。その中からさらに文部科学省委託調査研究の協力校の全国学力調査データ θ_{2522} を取り出す。このデータは実施時期はズれるが、委託調査研究データ θ_{1522} の対象集団である。実施時期のズれによる学力の平均的

な変動分は、IRT モデルの性質を使って項目母数の推定値に反映されていると仮定する。その上で対応づけとして線形変換を考えれば、一般に以下のように表現できる。

対応づけの前の学力を θ_{ghij} 、その平均を μ_{ghij} 、標準偏差を σ_{ghij} とする。同様に対応づけられた後の学力についても θ^*_{ghij} 、 μ^*_{ghij} 、 σ^*_{ghij} とあらわす。表記法を簡単にするために、 t を対応づけの際の参照とする調査、 s を対応づけられる調査とすると、対応づけのための変換式は一般に、

$$\theta^{(t)}_s = K^{(t)}_s \theta_s + L^{(t)}_s$$

ここで、

$$K^{(t)}_s = \sigma_t / \sigma_s$$

$$L^{(t)}_s = \mu_t - K^{(t)}_s \mu_s$$

と整理できる。たとえば委託調査研究データ θ_{1522} に全国学力調査データ θ_{2522} を対応づける場合には $t=1522$ 、 $s=2522$ とすればよい。

さらに第 3 の調査データ u があって、 s を介して t に対応づけることを考える。 u から s の変換式は、

$$\theta^{(s)}_u = K^{(s)}_u \theta_u + L^{(s)}_u, \quad \text{ここで、} \quad K^{(t)}_s = \sigma_t / \sigma_s, \quad L^{(t)}_s = \mu_t - K^{(t)}_s \mu_s$$

となる。変換後の s 上での u の平均と標準偏差は、 $\mu^{*(s)}_u$ 、 $\sigma^{*(s)}_u$ と書ける。これらを使って、

$$K^{t(s)}_u = \sigma_t / \sigma^{*(s)}_u, \quad L^{t(s)}_u = \mu_t - K^{t(s)}_u \mu^{*(s)}_u$$

を求めると、

$$\theta^{(s)}_u = K^{t(s)}_u \theta^{(s)}_u + L^{t(s)}_u$$

が得られる。ここで添字 $t(s)_u$ は、 u が s を介して t で表現されていることを示す。

平成 25 年度の場合は、上の変換式にもとづき、文部科学省委託調査研究の協力校の全国学力調査データ θ_{2522} を経由して、全国データのうち宮城県のデータ θ_{2521} を委託調査研究データ θ_{1522} に対応づければ、 θ_{1522} はすでに等化済みの項目母数によって平成 22 年度の調査から得られている参照データ θ_{1212} と同じ尺度上で表現できることになる。この場合、 $u=2521$ 、 $s=2522$ 、 $t=1522$ となる。

平成 21 年度の場合も原理的には平成 25 年度と同じである。しかしながら、平成 21 年度に関しては委託調査研究が開始される前のため、データ θ_{1112} が存在しない。そのため、1 年程度では集団分布は大きく変化はしないという委託調査研究（柴山他（2012,2013,2014））の成果や NAEP 等の公表資料などの結論にもとづき、新潟市における文部科学省委託調査研究の協力校の全国学力調査データ θ_{2112} を経由して、全国データのうち宮城県のデータ θ_{2121} を委託調査研究データ θ_{1212} に対応づける。この場合、変換式については $u=2121$, $s=2112$, $t=1212$ となる。なお、厳密には、この場合に対応づけによる誤差に加えて、平成 21 年度と平成 22 年度における新潟市の協力校集団に関する分布の変動が加わることになる。本来ならその分の評価も必要であるが、それに関する情報・手段がないため、ここでは行わない。

以上の手続により、平成 21 年度の全国学力調査における宮城県データ θ_{2121} と平成 25 年度の宮城県データ θ_{2521} とが参照データ θ_{1212} を介して比較可能となる。詳細に表現すれば、前者は、

$$\theta_{1212(2112)_{2121}}$$

後者は、

$$\theta_{1212(2522)_{2521}}$$

となる。ここまでが θ による手続の記述である。実際の分析には、より母集団分布に対して偏りのない結果を得るために、 θ から発生させた推算値 PV を使う必要がある。添字は上で定義したものを適用すると、PV を使った場合の対応づけの手続は

- 【1】 θ_{1212} , θ_{1522} , θ_{2112} , θ_{2522} を求める。
- 【2】 PV_{1212} , PV_{1522} , PV_{2112} , PV_{2522} を各生徒の θ につき 5 つ発生させる。
- 【3】 PV_{2112} を PV_{1212} へ対応づける K_1 , L_1 を求める。
- 【4】 PV_{2522} を PV_{1522} へ対応づける K_5 , L_5 を求める。

- 【5】 θ_{2121} , θ_{2521} を求める。
- 【6】 PV_{2121} , PV_{2521} を各生徒の θ につき 5 つ発生させる。
- 【7】 PV_{2121} を K_1 , L_1 により PV_{1212} へ対応づける。これを PV^*_{2121} と表す。
- 【8】 PV_{2521} を K_5 , L_5 により PV_{1522} へ対応づける。これを PV^*_{2521} と表す。

- 【9】 PV^*_{2121} と PV^*_{2521} を以後の分析に使用する。

となる。ここで K_1 , L_1 , K_5 , L_5 は変換式の係数をさらに簡単に表記したものである。具体的にその係数を推定すると、 $K_1=1.022091119$, $L_1=0.000872011$, 及び、 $K_5=0.994834736$, $L_5=0.103838126$ であった。

2.6 採用した IRT モデル

また IRT モデルとしては 2 母数ロジスティックモデルを採用した。いわゆる当て推量母数を含む 3 母数ロジスティックモデルを採用しなかったのは、全国学力・学習状況調査が短答式の解答様式を採用しているため、当て推量行動が生起しにくいと予想できること、全都道府県データを使って、3 母数モデルで推定を行っても平成 21 年度、平成 25 年度とも推定が収束しなかったことから実際にモデルが適合しないと判断されたためである。

2.7 EAP と PV の基礎統計量の比較

表 2.7.1 は θ の推定量である EAP とそこから産出された推算値 PV のそれぞれの基礎統計量を比較したものである。真の学力分布の母平均や母標準偏差などは不明であるため推定の良さの直接的な評価はできないが、先行研究¹で指摘されているように、平均にはほとんど差が無く、標準偏差の方で PV の方が EAP よりも大きな値となっていることは確認できる。

表 2.7.1 EAP と PV の基礎統計量

		平成21年度		平成25年度	
EAP	平均	-0.02937	平均	-0.06529	
	標準偏差	0.91983	標準偏差	0.94456	
PV	平均	-0.02977	平均	0.03826	
	標準偏差	0.97289	標準偏差	0.96870	

2.8 宮城県データに対する全国学力調査の信頼性係数

平成 21 年度及び平成 25 年度における全国学力調査の A 問題、B 問題、並びに A 問題と B 問題を合わせた場合の宮城県データに対する信頼性係数の推定値をクロンバックの α によって求めると、以下のようなになった。いずれも十分な値であると判断できる。

表 2.8.1 全国学力調査の宮城県における信頼性係数の推定値

	平成21年度 (21357名)		平成25年度 (20526名)	
	項目数	信頼性係数	項目数	信頼性係数
A問題のみ	33	0.906	36	0.912
B問題のみ	15	0.834	16	0.837
A問題とB問題	48	0.935	52	0.937

¹ Von Davier, M., Gonzalez, E., & Mislevy, R. (2009). What are plausible values and why are they useful? *IERI Monograph Series, Vol.2.* pp.9-36.

2.9 項目母数の推定の際の被災3県の位置づけ

実際に θ を計算する場合、まず項目母数を推定する必要がある。その場合、平成 21 年度に関しては、 θ の母集団分布に全国の都道府県全部を仮定するのは特に問題ない。しかし、平成 25 年度に関しては震災の影響をどう見積もるのかについては注意が必要である。同一自治体にあっても、沿岸部の中学校と内陸部の中学校では、津波の被害の有無に差があるというのはある程度予想できる。しかし、だからといって内陸部の学校に被害がないかという、そのようなことはない。同一県内に拡大してみても、被害の影響は同様のまだら模様となっている。そこで、震災の被害規模からいわゆる被災3県と呼ばれる岩手県、宮城県、福島県のデータは使わずに、それ以外の都道府県データから推定した項目母数と、被災3県のデータも含めて推定した項目母数との比較を考える。このことによって、もし両者の推定結果に大きな差がなければ、平成 25 年度データに対しても平成 21 年度データと同じく、 θ の母集団分布に全国の都道府県全部を仮定し、その元で宮城県の全生徒の θ 及びそこから推算値 PV を計算し、この PV によって以後の分析を進めることにする。

表 2.9.1 項目識別力の比較

	度数	最小値	最大値	平均値	SD
識別力（全都道府県）	51	.300	1.538	.911	.291
識別力（被災3県以	51	.302	1.535	.913	.291

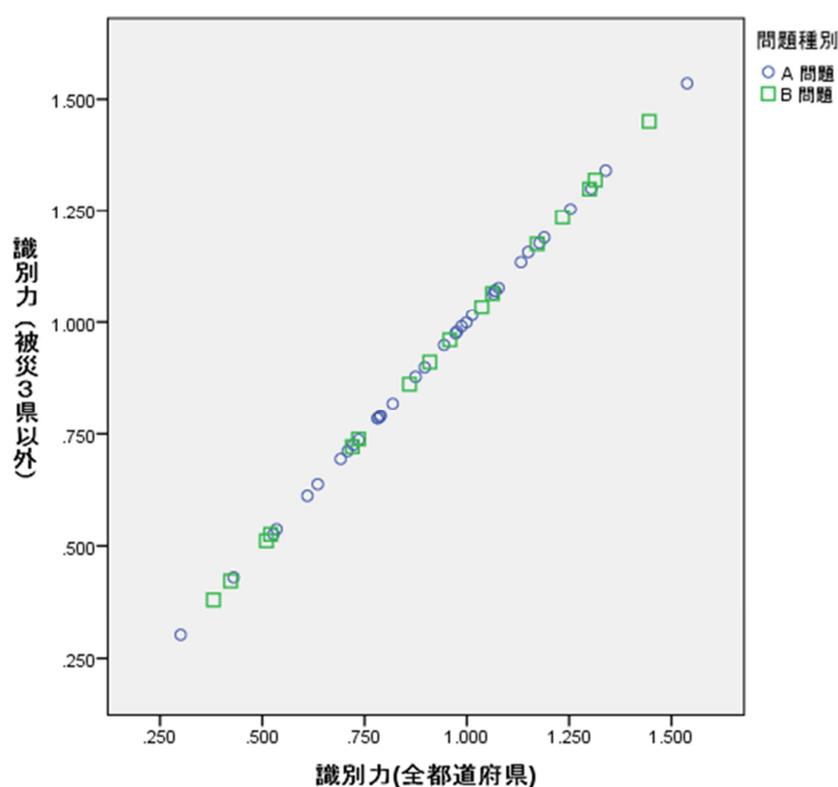


図 2.9.1 項目識別力の散布図

表 2.9.1 及び図 2.9.1 はそれぞれ項目識別力の全都道府県からの推定値と被災 3 県以外のデータからの推定値を比較したものである。基礎統計量においても散布図でみてもその差はほとんどないことがわかる。同様に、項目困難度の比較を行った結果が、表 2.9.2 及び図 2.9.2 であるが、項目困難度においてもその差はほとんどないことがわかる。なお、項目困難度の散布図から明らかなように、総じて、いわゆる B 問題の方が基礎基本といわれる A 問題よりも高い困難度を示していることも読み取れる。なお、A 問題のうち 1 問については推定ができなかったため以後の分析から除外した。このような対応ができるのも IRT を利用していることのアドバンテージのひとつといえるであろう。

表 2.9.2 項目困難度の比較

	度数	最小値	最大値	平均値	SD
困難度 (全都道府県)	51	-3.041	1.498	-.350	.913
困難度 (被災 3 県以)	51	-3.031	1.488	-.356	.912

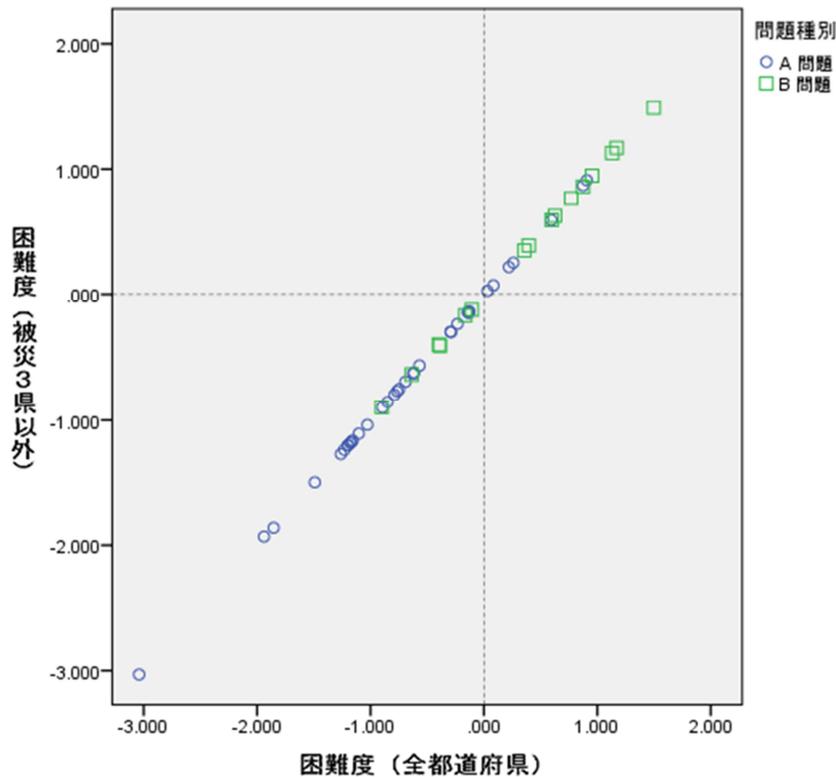


図 2.9.2 項目困難度の散布図

識別力と項目困難度それぞれにおいて、全都道府県データを使った場合の推定値と被災 3 県以外のデータを使った場合の推定値の差を項目ごとに求め、その基礎統計量を示したものが表 2.9.3 である。これをみても両者に大きな差のないことがわかる。

表 2.9.3 項目識別力及び項目困難度における差の比較

	度数	最小値	最大値	平均値	SD
識別力の差	51	.00	.01	.002	.002
困難度の差	51	-.02	.01	-.005	.006

また、図 2.9.3 に示すように、被災 3 県のデータを含む場合と含まない場合のテスト情報量曲線を比較しても、ほとんどその違いはない。そこで、本報告書では平成 21 年度、平成 25 年度のいずれにおいても、被災 3 県を除くというようなことはせず、全都道府県データを利用して以後の分析を進めることとした。

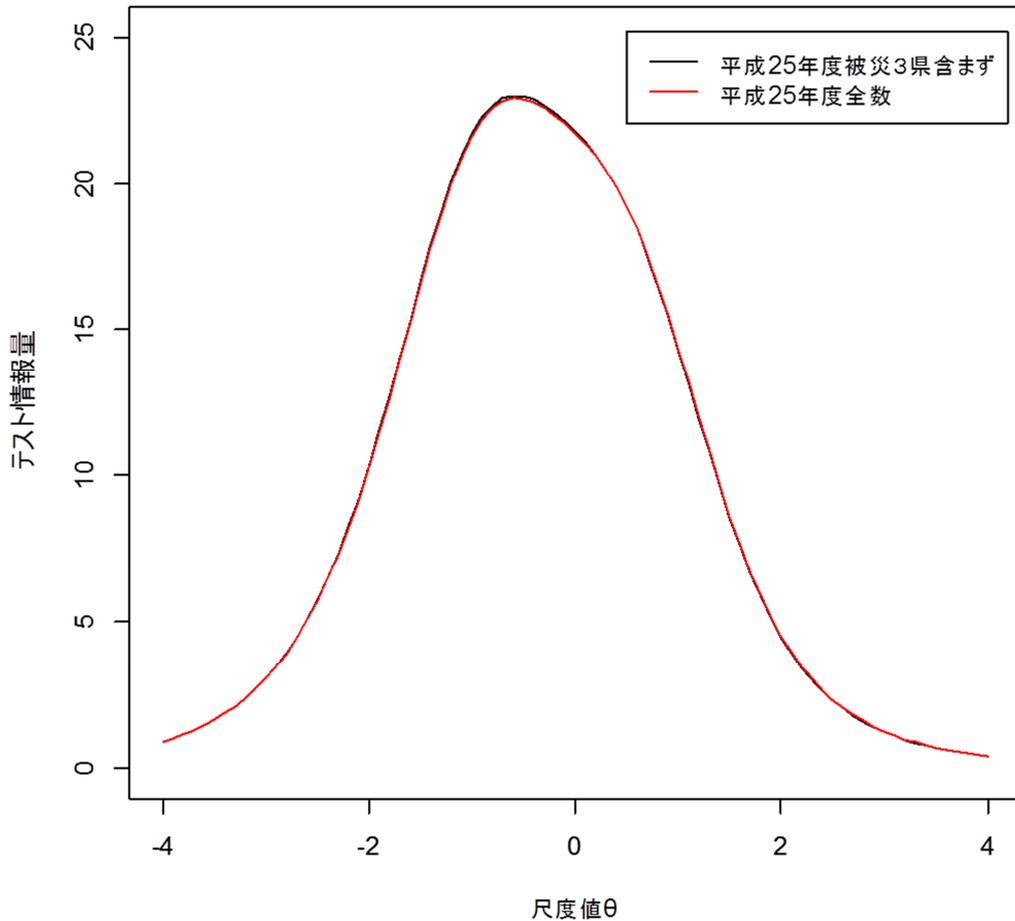


図 2.9.3 被災 3 県を含む場合とそうでない場合のテスト情報量曲線の比較

なお、図 2.9.4 には参考のため、平成 21 年度のテスト情報量曲線を描き、平成 25 年度のものと比較している。この図からは、平成 25 年度の方が学力の高い層での測定精度が高いテストの作りになっていることが読み取れる。

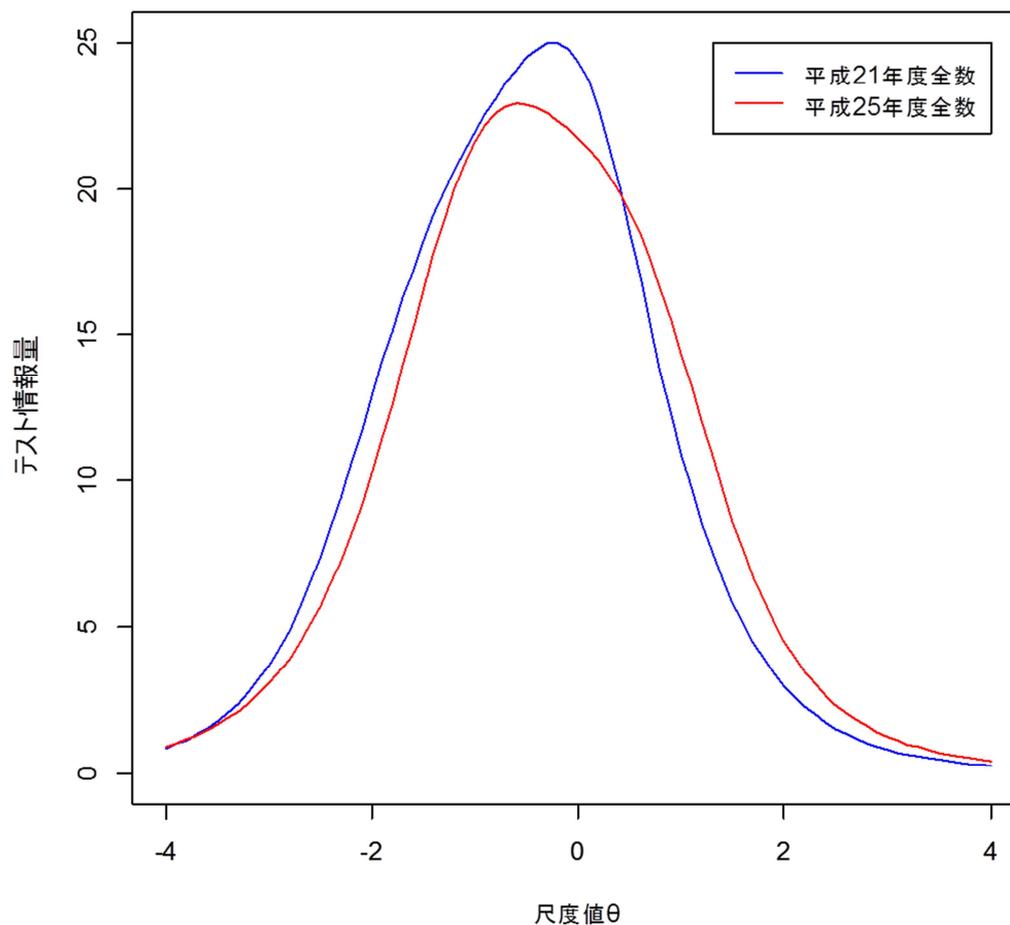


図 2.9.4 平成 21 年度と平成 25 年度のテスト情報量曲線の比較

熊谷 (2009) による EasyEsimation によって描かれた図 2.9.5 は、上で求められた項目母数の推定値を使って平成 21 年度と平成 25 年度の θ に関する母集団分布を推定し、それを重ね合わせたものである。推定された母集団平均は平成 21 年度が 0.004, 平成 25 年度が -0.006, また母集団 SD の推定値は、それぞれ, 1.031 と 1.009 であった。平均と SD で見る限りほとんど同様であるが、グラフで形状を確かめると若干、両者の間で差違のある部分が存在することが確認できる。

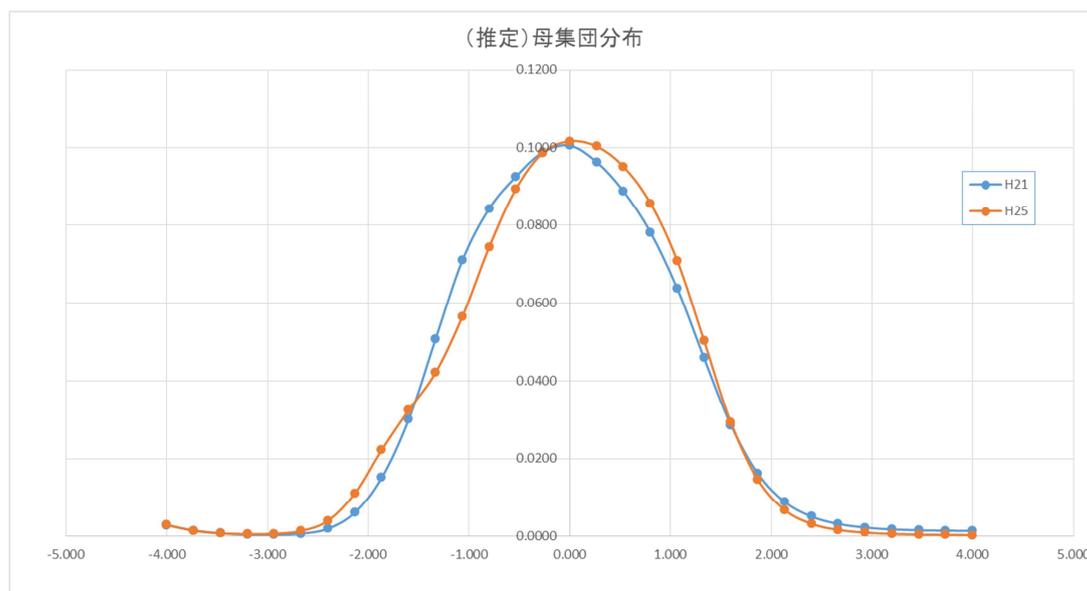


図 2.9.5 平成 21 年度と平成 25 年度における推定母集団分布の様子

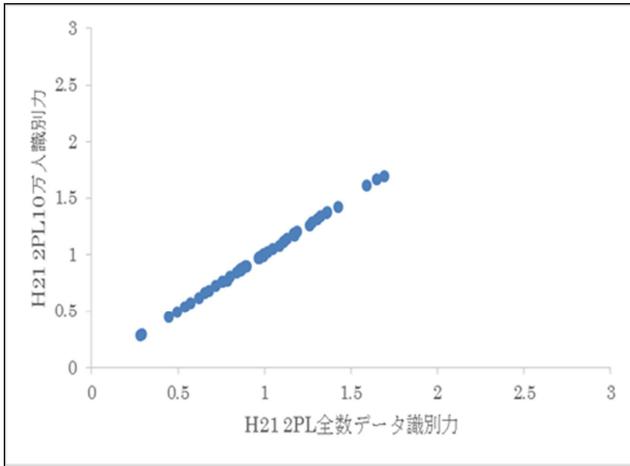
2.10 項目母数推定の際のサンプルサイズの影響

本項では、本調査に直接かかわる問題ではないが、今後の経年比較調査実施のために、項目母数の推定の際にサンプルサイズとしてどの程度が必要となるかをシミュレーションによって確認しておく。まず、項目識別力、項目困難度ともに全数データにおける推定値を基準にとる。次に、全数データから無作為抽出したデータにもとづきそれぞれの項目識別力と項目困難度を求めた。その際のサンプルサイズは、100,000 人、10,000 人、2,000 人、1,000 人、500 人と順次 5 通りに変化させた。平成 21 年度、平成 25 年度ともに同様の条件を設定した。次ページ以降にその図を掲載する。

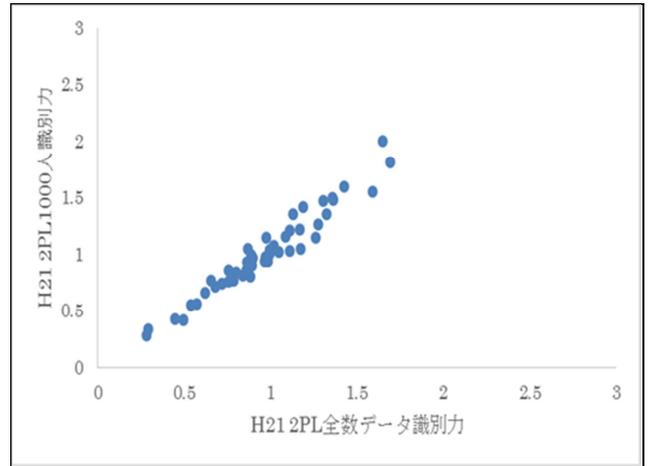
2 母数ロジスティックモデルを採用した場合には、項目困難度に関しては、サンプルサイズが 2000 名でもほぼ全数データの推定値を復元できているが、項目識別力に関しては少なくとも 1 万名程度が必要なことがこれらの図から予想できる。サンプリング理論等の数理的な根拠づけが必要ではあるが、このシミュレーション結果から判断して、経年比較調査の場合のサンプル数としては少なくとも 1 万名程度を準備することが望ましいであろう。

平成 21 年度 項目識別力

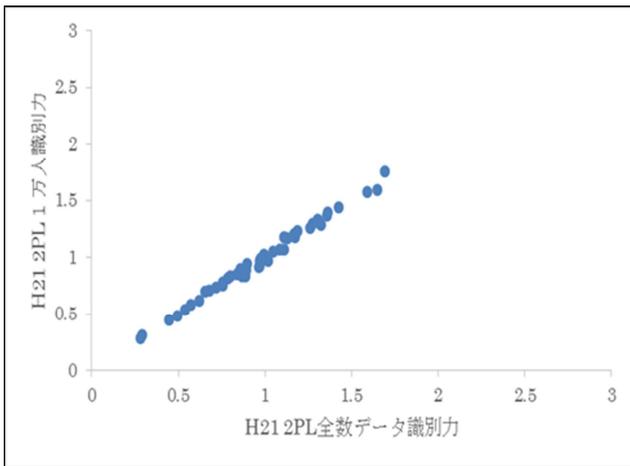
サンプル数 : 100,000



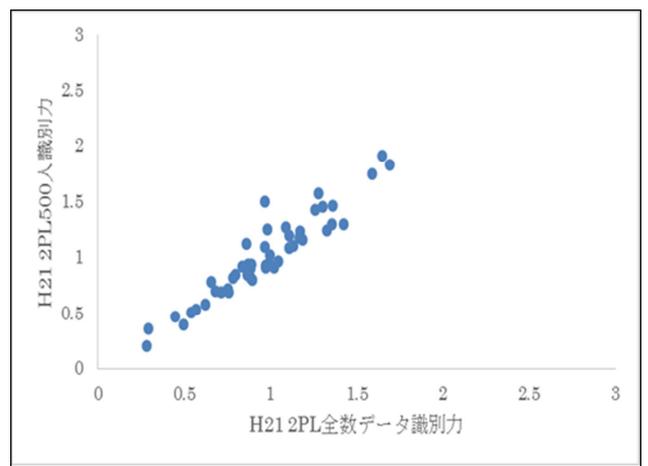
サンプル数 : 1,000



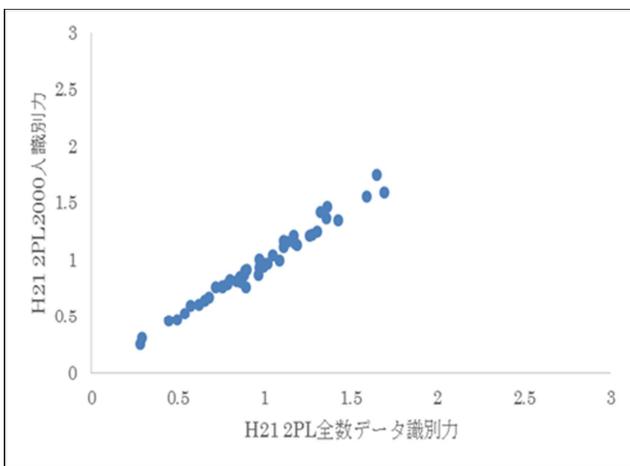
サンプル数 : 10,000



サンプル数 : 500

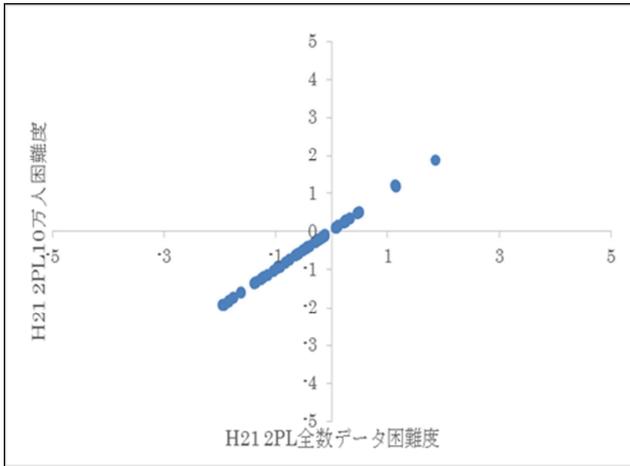


サンプル数 : 2,000

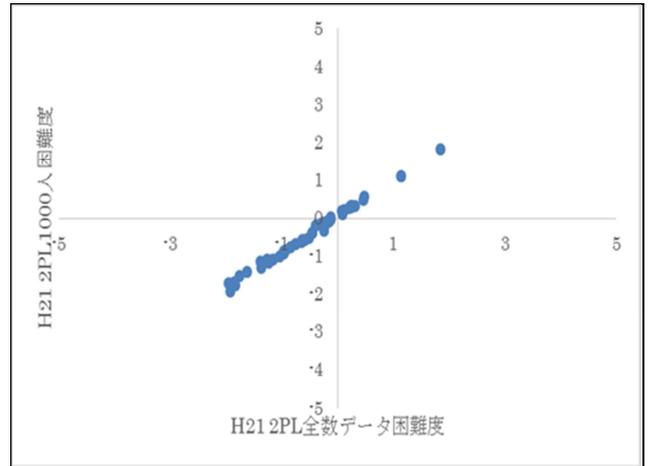


平成 21 年度 項目困難度

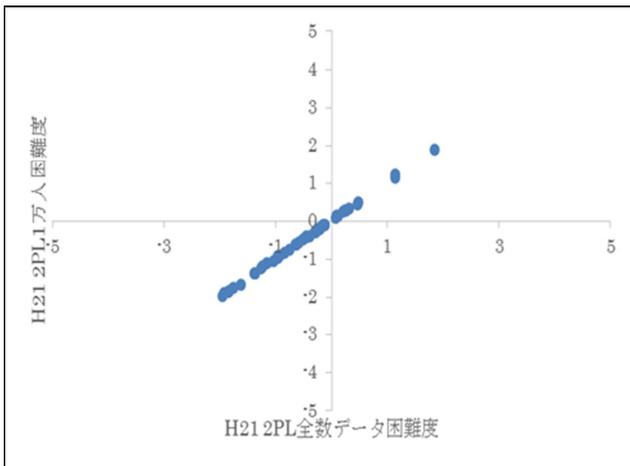
サンプル数 : 100,000



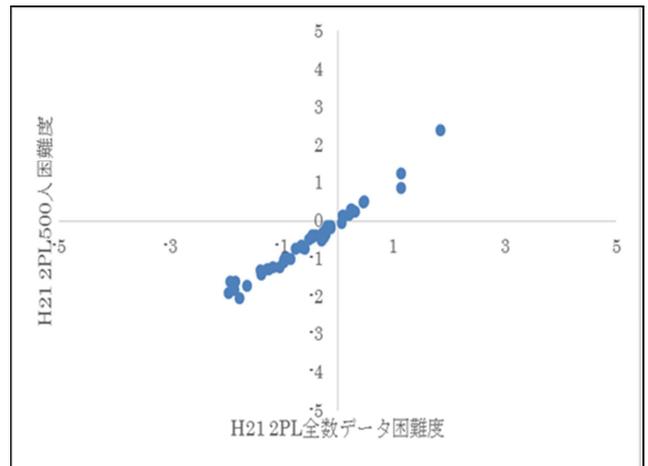
サンプル数 : 1,000



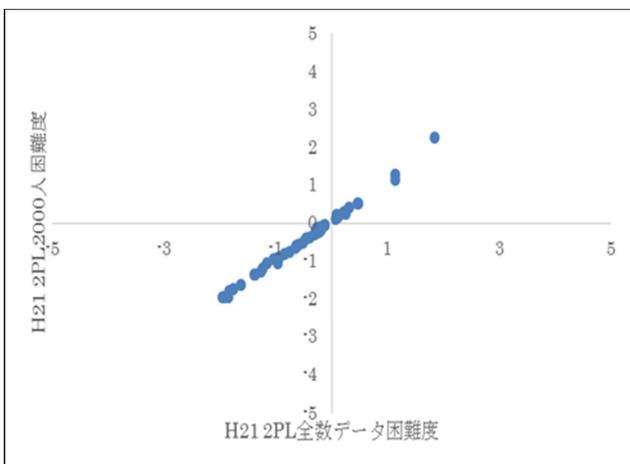
サンプル数 : 10,000



サンプル数 : 500

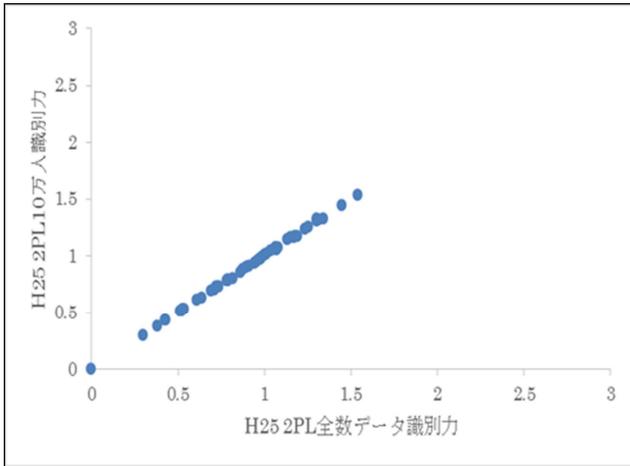


サンプル数 : 2,000

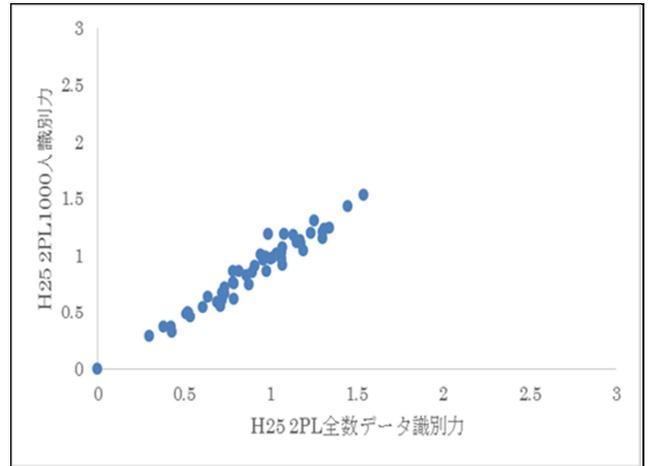


平成 25 年度 項目識別力

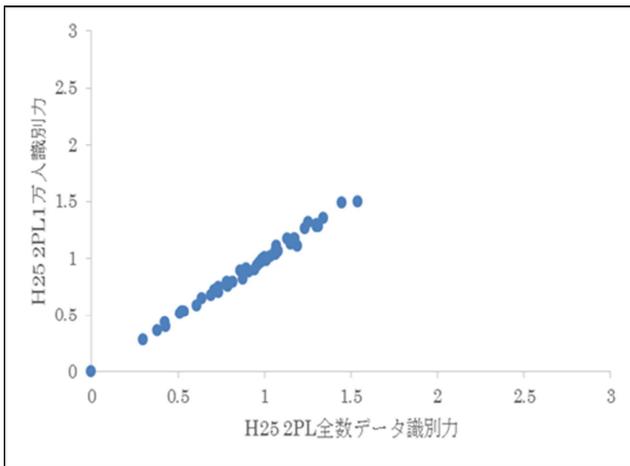
サンプル数 : 100,000



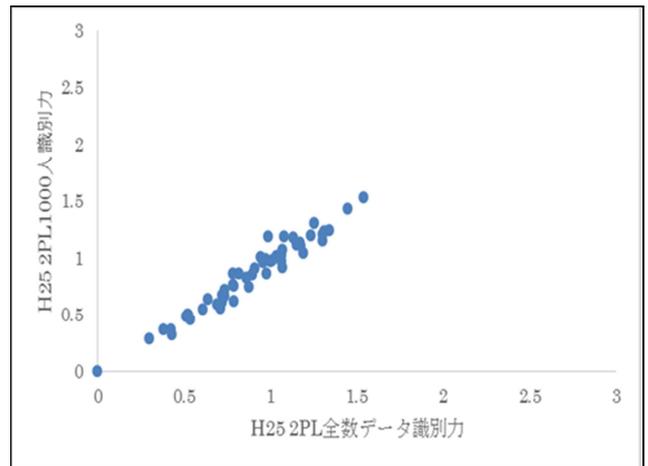
サンプル数 : 1,000



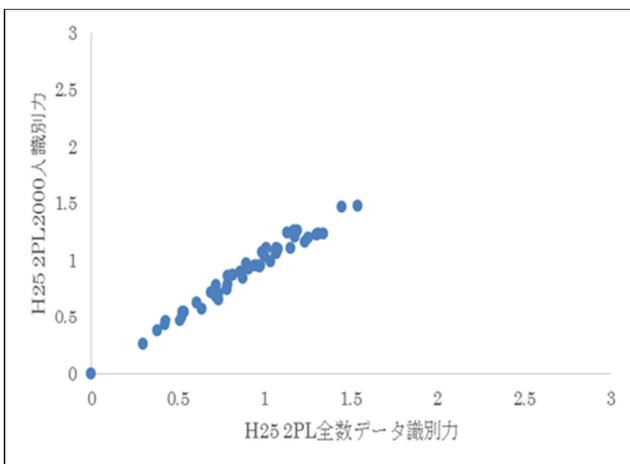
サンプル数 : 10,000



サンプル数 : 500

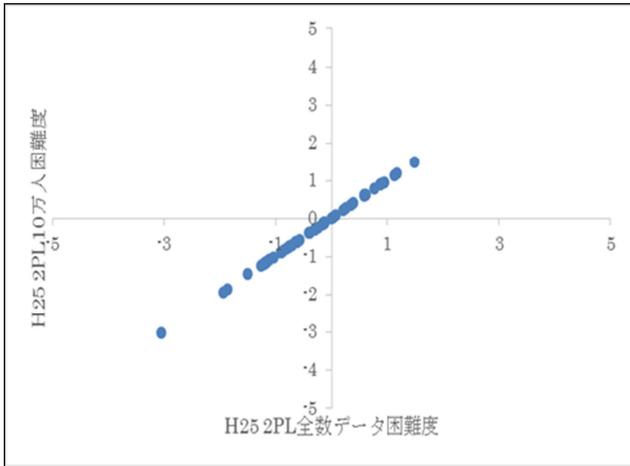


サンプル数 : 2,000

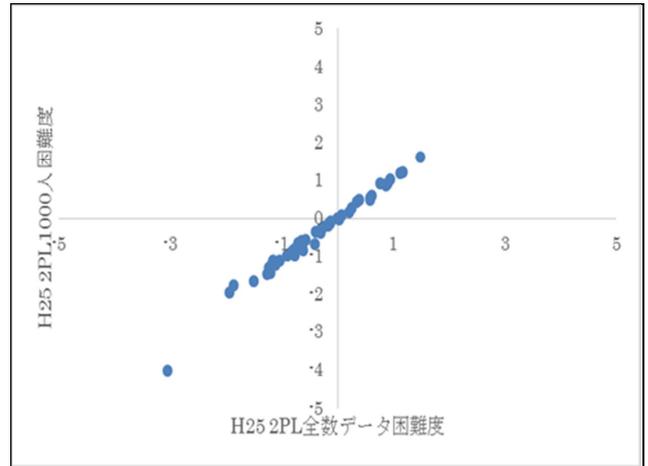


平成 25 年度 項目困難度

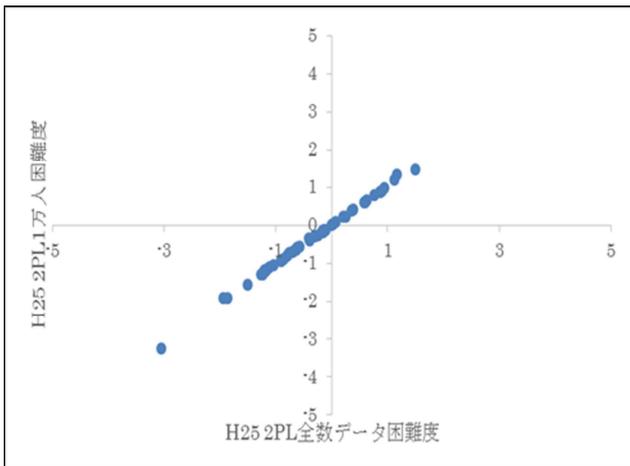
サンプル数 : 100,000



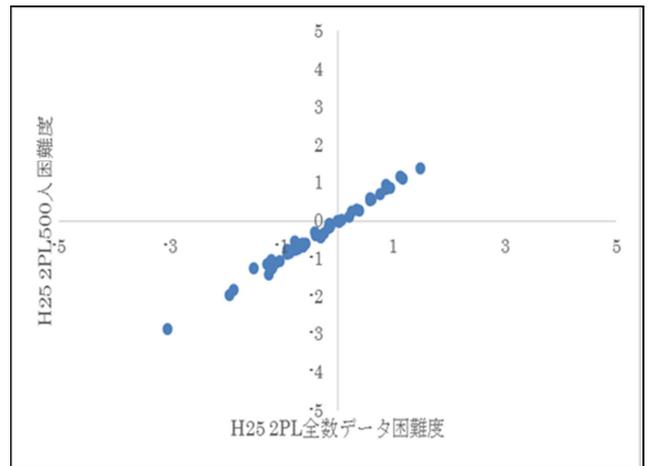
サンプル数 : 1,000



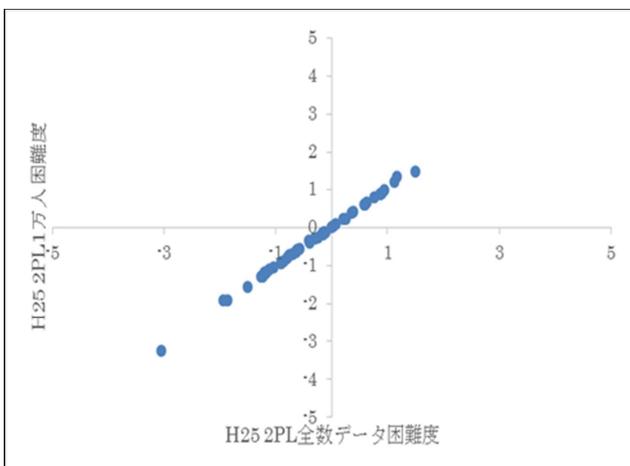
サンプル数 : 10,000



サンプル数 : 500



サンプル数 : 2,000



3. マルチレベル分析による推算値を使った震災の学力への影響分析

本章では平成 25 年度全国学力・学習状況調査（以下、全国学力調査）の宮城県データから推定した潜在特性尺度値 θ を元に発生させた推算値（plausible values: PVs）と生徒質問紙並びに震災に関するデータに対し、マルチレベル分析（multilevel analysis: 例えば Hox (2010) ²）を適用することで東日本大震災が学力に与えた影響を検討する。

本調査研究では、これまでの調査研究（柴山他 (2013)）の成果の上に、IRT を基盤としながら、平成 25 年度のデータから潜在特性尺度値 θ を推定した後に発生させた推算値を、平成 21 年度のそれに等化（equating）及び対応づけ（linking）して両者の能力値を比較可能にした。その上で、震災に関するデータを統計的なエビデンスのもとに変数として準備し、生徒質問紙データと組み合わせた。最終的には、これらをマルチレベル分析の中に組み込むことによって震災の学力への影響を分析する。

3.1 使用する変数

3.1.1 個人レベルの変数

平成 25 年度全国学力調査における生徒質問紙は 3 種類あり、すべての生徒が同一の質問紙に回答しているとは限らない。そこで、『平成 25 年度全国学力調査報告書—クロス表—』のなかで学力と関係がある（相関がある）とされ、さらにすべての質問紙に共通の項目を中心に、多数の項目がもつ情報をなるべく少数個の変数に縮約することによって、個人レベルの変数として「学習意欲」「家庭学習時間」「生活規範」という 3 つの変数を用意した。

まず、「学習意欲」変数については、「数学の勉強は好きですか」「数学の勉強は大切だと思いますか」等のすべて 4 件法で回答させている 10 項目について逆転処理をした後、因子分析（最尤法）によりあらかじめ分析した。その結果、固有値の減衰状況（4.928,0.995,0.868...）から判断して 1 因子であることを確認し、最終的には個人差をより明確にとらえるため、主成分分析によりその主成分得点を「学習意欲」変数として設定した。前処理の段階で逆転処理をしたのは、この変数の値が大きいほど「学習意欲」が高くなるように尺度の方向を整えるためである。

次に、「家庭学習時間」変数については、「学校の授業以外に、普段（月～金曜日）、1 日あたりどれくらいの時間、勉強しますか（学習塾や家庭教師含む）」と「土曜日や日曜日など学校が休みの日に、1 日あたりどれくらいの時間、勉強をしますか（学習塾や家庭教師含む）」のともに 6 件法で回答させている 2 つの変数について逆転処理をし、この場合はもとの変数もつ情報が明確であることと、その数が 2 個と少ないため単純合計し、その後、標準化して「家庭学習時間」変数とした。

最後の「生活規範」変数は、基本的な日常生活と学校生活に関する内容が学力に対してどのような影響を持っているのかを検討するために、まず「朝食を毎日食べていますか」「毎日、同じくらいの時

² Hox, J. J.(2010). Multilevel Analysis: Techniques and applications (second ed.).UK: Routledge Academic.

刻に寝ていますか」「毎日、同じくらいの時刻に起きていますか」のすべて4件法で回答させている3項目を選択した。さらに、探索的にデータを検討した結果、意味内容的にも重要であると考えられる「家の人（兄弟姉妹を除く）と普段（月曜から金曜）、夕食を一緒に食べていますか」等、4件法で回答させている3項目を追加し、合計6項目について逆転処理をした後、主成分分析によりその主成分得点を「生活規範」変数として設定した。この変数も、他の「学習意欲」、「家庭学習時間」の2つの変数と同様、その値が大きいほど「生活規範」が保たれていると解釈できるように尺度の方向を設定した。

3.1.2 学校レベルの震災の影響を表す変数

次に、震災の影響を表す変数を学校レベルの変数として作成した。震災の影響は、例えば、地震と津波による被害、さらに原発事故による放射性物質の拡散といった被害も含まれ、実に多岐にわたるためその定義がきわめて困難である。そこで、地震と津波による被害を表す変数として、「生徒死者数」、「生徒行方不明者数」、「教職員死者数」（以上、2012年7月20日現在）、「仮設校舎への移転」、「間借り」（以上、2013年12月27日現在）についてそれぞれを変数化した。

また、津波被害の影響を、「スクールバス利用人数」、「スクールバス概算距離」、「スクールバス台数」、「スクールバス概算費用」の4つを変数化した上で、主成分分析を行いその主成分得点を「津波被害」変数と定義した。これらの4変数は、生徒の学習環境を保障するために投入される教育施策の方向から間接的に解釈し、それらが反映されていると考えられる。ただし、スクールバスに関する資料は2013年5月1日現在のものであり、震災から2年以上が経過しても校舎が使用できない、という長期的な被害を受けている学校を表していることに注意されたい。

さらに加配の人数については、実態として複数の予算項目から幾つかの名称のもとに実質的な措置がされているため、宮城県教育委員会『平成25年度教職員定数配当表』の教職員定数の合計値から校長と担任教員の数を除し、これを「教員加配」変数とした。また外数の「指導方法工夫改善」、「主幹教諭加配」も同様にその実際値を変数化した。

最後に原発事故による放射性物質の拡散を表す変数として「放射能情報サイトみやぎ」における「宮城県内の除染の実施状況」に記載されている「空間放射線線量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）」の数値から震災前最大値0.05を引いたもの³を「放射性物質拡散」変数とした。この変数は、子供達の屋外での活動量やスクールバス通学による「家庭学習時間」の確保の難しさなどとも密接に関連していると考えられることから、独立変数として採用したものである。

これらの変数を独立変数の候補として分析と結果の検討を繰り返した結果、最終的には、生徒死者数や生徒行方不明者数などの地震と津波による人的犠牲を表す変数、並びに教職員の加配に関する変数は分析モデルの中には採用しなかった。その理由として、マルチレベル分析では、それらの変数に

³ 「放射能情報サイトみやぎ」における「放射能測定値に関する参考情報」に記載の宮城県内における原発事故前の放射線量が0.076~0.053（ $\mu\text{Sv/h}$ ）であったことから、その最大値を0.05とした。

かかるウェイトが有意な結果とならなかったことなどが主な理由である。しかしながら、たとえば教職員の加配などは、後述の各教育委員会、各学校でのインタビュー調査でも明らかなように、たとえ量的な側面からいえば統計的に有意でなくても、生徒達の学力保障に質的な側面からは大きな役割を果たしていることには注意が必要である。これは加配がなされた結果、いずれの学校でもその効果が等しければ、統計的な差としてはとらえられない、という統計モデルのいわば限界とすることができる。

3.2 分析モデル

以上のような分析・考察を経て採用された独立変数を用いて、マルチレベル分析の枠組みで震災の学力への影響を検討する。マルチレベル分析では一般に、独立変数を投入する前にヌルモデルとして、

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + e_{ij} \quad (1)$$

を考える。この時、添え字*i*は個人（レベル 1）、*j*は集団（レベル 2: 今回の分析では学校）を表している。(1) の切片に対して、

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad (2)$$

レベル 2 における切片 γ_{00} とその誤差項 u_{0j} に分解し、レベル 2 のランダム効果を仮定することがマルチレベル分析の特徴である。これにより、級内相関係数（Intraclass Correlation Coefficient: ICC）、

$$\rho = \frac{\sigma_{u_0}^2}{\sigma_{u_0}^2 + \sigma_e^2} \quad (3)$$

が計算できる。ICC は全体の分散に対するレベル 2 における分散の割合を示しており、0 から 1 の値をとる。言い換えれば ICC の値が大きいほど、階層的な構造が認められるデータであり、マルチレベル分析を用いる必要があると解釈できる（理論的な詳細は柴山他（2013）などを参照されたい）。

今回の分析ではモデル 1 として、「学習意欲」変数、「家庭学習時間」変数、「生活規範」変数をレベル 1 の独立変数として投入し、切片 β_{0j} とそれぞれの独立変数の係数 β_{1j} 、 β_{2j} 、 β_{3j} に対してレベル 2 のランダム効果を仮定する。数式で表現すれば、

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \text{学習意欲}_{ij} + \beta_{2j} \text{家庭学習時間}_{ij} + \beta_{3j} \text{生活規範}_{ij} + e_{ij} \quad (4)$$

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad (5)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j} \quad (6)$$

$$\beta_{2j} = \gamma_{20} + u_{2j} \quad (7)$$

$$\beta_{3j} = \gamma_{30} + u_{3j} \quad (8)$$

となる。

次にモデル 2 として震災の影響を表すレベル 2 の変数を入れたクロスレベルの交互作用項も検討する。まず切片 β_{0j} に対し、学校レベルで過年度の学力が影響を与えているという仮説のもと、平成 21 年度全国学力調査の宮城県データから推定し、等化済みである平成 25 年度の潜在特性尺度値 θ と同一尺度上にある推算値 (PV21) の学校の平均値による影響を認め、ランダム効果を設定する。

また独立変数である「学習意欲」変数について、生徒レベルの「学習意欲」に対し震災による津波の被害がどのように影響を与えているかを検討するために「津波被害」変数を投入する。同様に「家庭学習時間」変数に対しても、現在もスクールバスを利用しなければならないという長期的被害が影響を与えているという仮説から「津波被害」変数を投入する。さらに、原発事故による放射線量拡大に関する問題が社会的に問題視され、それが教育に与える影響を検討するには「家庭学習時間」変数が適当であろうとの判断から、「放射性物質拡散」変数を「家庭学習時間」変数に対する独立変数として設定した。以上を数式で表現すると、

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \text{学習意欲}_{ij} + \beta_{2j} \text{家庭学習時間}_{ij} + \beta_{3j} \text{生活規範}_{ij} + e_{ij} \quad (9)$$

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} \text{PV21}_j + u_{0j} \quad (10)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11} \text{津波被害}_j + u_{1j} \quad (11)$$

$$\beta_{2j} = \gamma_{20} + \gamma_{21} \text{津波被害}_j + \gamma_{22} \text{放射性物質拡散}_j + u_{2j} \quad (12)$$

$$\beta_{3j} = \gamma_{30} + u_{3j} \quad (13)$$

となる。最終的には、ランダム効果を仮定した (10) から (13) 式を (9) 式へ代入して整理すれば、

$$\begin{aligned} Y_{ij} &= (\gamma_{00} + \gamma_{01} \text{PV21}_j + u_{0j}) + (\gamma_{10} + \gamma_{11} \text{津波被害}_j + u_{1j}) \text{学習意欲}_{ij} \\ &+ (\gamma_{20} + \gamma_{21} \text{津波被害}_j + \gamma_{22} \text{放射性物質拡散}_j + u_{2j}) \text{家庭学習時間}_{ij} \\ &+ (\gamma_{30} + u_{3j}) \text{生活規範}_{ij} + e_{ij} \\ &= \gamma_{00} + \gamma_{01} \text{PV21}_j + u_{0j} + \gamma_{10} \text{学習意欲}_{ij} + \gamma_{11} \text{学習意欲}_{ij} * \text{津波被害}_j \\ &+ u_{1j} \text{学習意欲}_{ij} + \gamma_{20} \text{家庭学習時間}_{ij} + \gamma_{21} \text{家庭学習時間}_{ij} * \text{津波被害}_j \\ &+ \gamma_{22} \text{家庭学習時間}_{ij} * \text{放射性物質拡散}_j + u_{2j} \text{家庭学習時間}_{ij} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \gamma_{30} \text{生活規範}_{ij} + u_{3j} \text{生活規範}_{ij} + e_{ij} \\
& = [\gamma_{00} + \gamma_{01} \text{PV21}_j + \gamma_{10} \text{学習意欲}_{ij} + \gamma_{20} \text{家庭学習時間}_{ij} + \gamma_{30} \text{生活規範}_{ij} \\
& + \gamma_{11} \text{学習意欲}_{ij} * \text{津波被害}_j + \gamma_{21} \text{家庭学習時間}_{ij} * \text{津波被害}_j \\
& + \gamma_{22} \text{家庭学習時間}_{ij} * \text{放射性物質拡散}_j] \\
& + [u_{0j} + u_{2j} \text{家庭学習時間}_{ij} + u_{1j} \text{学習意欲}_{ij} + u_{3j} \text{生活規範}_{ij} + e_{ij}] \tag{14}
\end{aligned}$$

が得られる。この時前半部分を固定パート (fixed part), 後半部分をランダムパート (random part) と呼ぶ。その中に個人レベルの変数と学校レベルの変数のクロスレベルの交互作用項が出現していることに注意されたい。分析には SPSS version22 を使用し, マルチレベル分析の推定には最尤推定法 (Maximum Likelihood: ML) を用いた (詳細は資料6を参照のこと)。また, 分析の際のデータ構造は以下のイメージになる (坂本 (2013) 4より再掲)。なお, 本調査研究の場合は生徒レベルの上層に学校レベルが付加されていることに注意が必要である。

生徒	推算値	質問項目				
		1	...	j	...	m
生徒 1	PV1_1	X11,	...	X1j,	...	X1m
	PV2_1	X11,	...	X1j,	...	X1m
	PV3_1	X11,	...	X1j,	...	X1m
	PV4_1	X11,	...	X1j,	...	X1m
	PV5_1	X11,	...	X1j,	...	X1m
}						
生徒 i	PV1_i	Xi1,	...	Xij,	...	Xim
	PV2_i	Xi1,	...	Xij,	...	Xim
	PV3_i	Xi1,	...	Xij,	...	Xim
	PV4_i	Xi1,	...	Xij,	...	Xim
	PV5_i	Xi1,	...	Xij,	...	Xim
}						
生徒 n	PV1_n	Xn1,	...	Xnj,	...	Xnm
	PV2_n	Xn1,	...	Xnj,	...	Xnm
	PV3_n	Xn1,	...	Xnj,	...	Xnm
	PV4_n	Xn1,	...	Xnj,	...	Xnm
	PV5_n	Xn1,	...	Xnj,	...	Xnm

図 3.2.1 推算値を利用する場合のデータ構造

⁴ 坂本佑太郎 (2013) 「9. 推算値を使ったマルチレベル分析」 (柴山直・熊谷龍一・佐藤喜一・足立幸子・志水宏吉 (2013) . 全国規模の学力調査におけるマトリックス・サンプリングにもとづく集団統計量の推定について 平成24年度文部科学省委託研究「学力調査を活用した専門的課題分析に関する調査研究」研究成果報告書, pp.83-88)

3.3 分析結果

以上の3つのモデルについての分析結果を整理したものが表1である。

表 3.3.1 マルチレベル分析結果

	ヌルモデル	モデル1	モデル2
モデル			
固定パート			
切片	-0.011(.023)	-0.007(.022)	0.030(.019)
PV21			0.539(.057)*
学習意欲		0.292(.008)*	0.291(.008)*
家庭学習時間		0.057(.009)*	0.058(.009)*
生活規範		0.091(.008)*	0.090(.008)*
学習意欲*津波被害			0.017(.007)**
家庭学習時間*津波被害			-0.001(.009)
家庭学習時間*放射線物質拡散			-0.008(.008)
ランダムパート			
σ_e^2	0.824(.004)*	0.671(.003)*	0.671(.003)*
σ_{u0}^2	0.112(.0011)*	0.099(.010)*	0.069(.007)*
-2対数尤度	272252.442	252295.034	252217.240
AIC	272258.442	252325.034	252255.240
BIC	272287.058	252468.118	252436.479

*は1%水準で有意, **は5%水準で有意

まず説明変数を投入しないヌルモデルにおいて ICC を計算すると、 $0.112 / (0.824 + 0.112) = 0.120$ であることから、平成 25 年度全国学力調査における宮城県全体の推算値で表現される学力の分散は、学校レベルによっておよそ 12%説明されることになる。

次に、説明変数を投入した 2 つのモデルについて -2 対数尤度や情報量基準である AIC や BIC によって検討した。AIC や BIC は、一般にその値が小さいほうがモデルとしての当てはまりがよいことを示している。今回の分析では、いずれの値もモデル 2 が小さく、最も当てはまりがよいことがわかる。したがって以下では、モデル 2 を震災の学力への影響についての記述モデルとして採用する。

まず平成 21 年度の学力を表す推算値 (PV21 と略記) の係数が 0.539 となり 1%水準で有意であった。これは平成 21 年度全国学力調査における宮城県全体の推算値の学校平均 (学校レベルの学力) が、平成 25 年度全国学力調査で推定された学力を規定する要因であることを示している。この変数をモデルに投入することによって、過去の学校レベルの学力を統計的に統制した上で他の説明変数を解釈できるという利点がある。

個人レベルの説明変数である「学習意欲」、「家庭学習時間」変数の主効果 (main effect) と「生活規範」変数はその係数が 0.291, 0.058, 0.090 であり 1%水準で有意であった。主効果とは、交互作用項をモデルに投入した際、今回の場合では「津波被害」「放射線物質拡散」変数のような第 3 の変数 (調整変数 (moderator variable)) の効果が 0 である時の説明変数 x の効果を示している。したがって「津波被害」変数のスコアが 0 の時、言い換えれば、震災による津波の影響を受けていない場合、

学習意欲が高いほど学力が高く、また震災による津波と放射線物質の拡散による線量の増加がない場合、家庭学習時間が多いほど学力が高いことを示している。また、「生活規範」変数については、そのスコアが大きいほど学力が高いことを示している。以上の結果は、震災がなかった場合の、いわば「平時」であっても学力の担保に重要であると言われているものと軌を一にする。

次に、学校レベルでの震災の影響と個人レベルでの交互作用項について見ると、学習意欲と津波被害の交互作用項のみ、その係数が 0.017 となり 5%水準で有意となった。交互作用項に関しては、先の主効果との解釈が異なる。具体的には、調整変数の値によって異なる説明変数 x の効果を条件付き効果 (conditional effect) と呼び、これを計算する必要がある。今回の分析では学習意欲と津波被害の交互作用項の条件付き効果は「 $0.291+0.017 \times$ 「津波被害」変数のスコア」である。これは「津波被害」変数のスコアが高い、言い換えれば、震災による津波の影響を受けた学校ほど変数の効果が大きくなることを示している。この現象は、具体的には津波の被害を受けた学校は、平均的にみて学校全体として「学習意欲」がくじかれなかった場合、その意欲が津波被害を受けなかった学校に比べて「学習意欲」が相対的に大きくなることを意味していると解釈できるであろう。

3.4 まとめと考察

IRT に基づく潜在特性尺度値 θ から発生させた推算値の導入によって教育測定論的な技術的基盤を担保した上で、震災による学力への影響についてマルチレベル分析を通して検討した。その結果、個人レベルでは基本的な学習意欲や家庭学習、また普段の生活規範に関わる変数が学力に対してプラスの効果を与えていた。また震災による津波の影響を考慮した交互作用項による検討の結果、津波の被害を受けていても、学習に対する意欲が高い場合には学力に対してプラスの効果をもっていることがわかった。

この結果の解釈において、震災後の教育施策を参考にすると、着目すべき取組として、平成 23 年度から行われている「学びを通じた被災地の地域コミュニティ再生支援事業」がある。これは震災後に教育環境が激変した児童生徒に対し、学習習慣の形成を図るとともに、学力向上に取り組む市町村教育委員会に対して支援を行い、児童生徒に基礎基本を確実に定着させ、学力の全体的な底上げを図るものである。宮城県内では平成 24 年度から新規で 16 市町村、平成 25 年度から継続する市町村を含め 24 市町村がその対象となっている(対象市町村等については後述の 4.8 節を参照)。具体的には、特に震災による津波被害が大きかった南三陸町において、仮設住宅における学習環境を整備するために、南三陸寺子屋プロジェクト「TERACO」による学習支援ボランティアが行われた。学びの支援員として大学生などが協力し、地元中学校付近に新家屋を建設し活動を行った。このような活動や支援が直接学力を向上させたかについては今回のマルチレベル分析からは断定できないが、学習意欲と津波被害との交互作用項の解釈のひとつとして有力であろう。