

縦断研究における統計分析 ～成長曲線モデルに注目して～

2014/7/2

教育学研究科M1

柳岡開地

縦断研究とは？

研究の対象となる人(もの)を, 個人や1つまたは複数の集団ベースで, 時間に沿って追いつつ, その資料を収集し, 時間的な変化を分析の主眼とする方法

* 個的縦断研究法は, 個々の発達軌跡を基本単位とする分析法。「個々の多様性」を尊重するアプローチ

縦断研究とは？

メリット

- ・ 発達の軌跡・プロセスを描ける
- ・ 変数間の因果関係や影響力の推移を説得的に議論できる
- ・ 集団の発達に関心のある場合, そのまま検討したい発達現象に直結する

縦断研究とは？

デメリット

- ・ 時間, 人などコストがかかる
- ・ 相関を機軸として分析をした場合, データで表現される「発達」とは「変化」ではなく, 「安定性」になることには留意する必要がある

共分散構造分析

パス解析

各時点における変数や因果関係を用い, 時系列の流れに沿った変数間の因果関係を検討可能

多母集団同時分析の応用

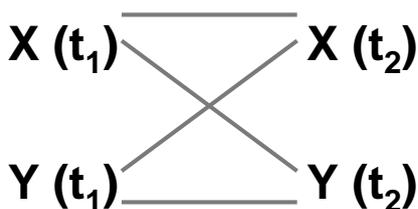
各年齢集団の因果関係を論じるためのコストを大幅に低減することができる

4

共分散構造分析

交差遅延効果モデル

初回に2つの関連しそうな変数を測定し, それが追跡調査時に測定した2つの変数に影響を及ぼすかを検討したモデル



西條 (2005) の第2章より引用

5

個々の発達の軌跡

たとえば, 身長について...

- ・ 横断的な平均をとるとかなりなめらかな曲線を描けることは明白

- ・ しかし, 個々人で身長が伸びる時期は異なる

つまり...

同じ発達曲線のパターンだとしても, 変化のパターンの個人差にも注目したい場合は, それを取り出す必要がある

山森 (2004) を通してみた成長曲線モデル

中学校入学時から始まる英語学習の場合, 最初ほとんどの子どもが学習意欲が高い状態

学習意欲が持続する子どもの特徴と学習意欲が減退する子どもの特徴を, 1人1人の子どもの学習意欲が1年間でどう変化するのかを捉えることは教育的介入を考えるうえでも重要である

山森 (2004) を通してみた成長曲線モデル

方法...ある中学校に在籍する中学一年生80名

質問紙...英語の学習を達成しようとする態度を測定する尺度

英語の授業にがんばって参加しています

英語を得意になりたいと思っています

できるだけ多くのことを英語で学びたいと思っています

英語の授業が楽しみです

6件法で回答を求め、各学期の最後の授業にアンケートとして実施した

山森 (2004) を通してみた成長曲線モデル

平均値と標準偏差により分析

全体的な傾向として英語学習意欲が減退することはわかる

しかし、どんな子どもがどう変化したか、子ども自身がどのように変化をしたのかは分からない

回帰分析による方法

英語の学習意欲 = 学習期間 \times a + b

1ヶ月に a だけ学習意欲が落ちていることは分かるが、これもあくまで全体的な傾向のみしか扱えていない

山森 (2004) を通してみた成長曲線モデル

成長曲線モデル

縦断データによって、英語学習意欲の個人内変化と個人間変化の両方を捉え、全体的な傾向を把握しながら、子ども1人1人についても検討できる分析方法である

成長曲線モデル

- ・ 個々の発達軌跡を関数で記述しつつ、全体の軌跡の平均と、その平均的な発達軌跡と個々の発達軌跡を統計的に検討することができる (豊田, 2000)
- ・ 縦断データの変化のパターンを1次(直線), 2次, 3次などの曲線の重なりで捉えることが特徴の1つ

1次のモデル

ある時点の平均値に直線を引いた場合、
この直線の傾きと切片を潜在変数として指定する
ある人の得点は

$$Y_1 = b + 0 \times a + \text{誤差}_1 \text{ (1時点目)}$$

$$Y_2 = b + 1 \times a + \text{誤差}_2 \text{ (2時点目)}$$

$$Y_3 = b + 2 \times a + \text{誤差}_3 \text{ (3時点目)} \dots\dots$$

個々人の切片 (初期値) や傾き (伸び) は異なる傾向にある

12

成長曲線モデル

$$a \text{ (個人の傾き)} = \mu_a \text{ (傾きの平均値)} + a \text{ (個人差)}$$

$$b \text{ (個人の切片)} = \mu_b \text{ (切片の平均値)} + b \text{ (個人差)}$$

・ 因子の平均, 分散, 因子間の共分散が重要な役割を果たしている

13

成長曲線モデルにより何が分かるか

成長曲線モデルの**切片の平均と分散**(どの値からはじまるのかの平均と分散を推定できる)

どの程度の割合で発達するか**の傾きの平均と分散**

切片と傾きの**共分散** (初期値が高いほど傾きが大きいか, それとも小さいか)

切片と傾きに及ぼす**他の変数の影響**

Amos を使って潜在曲線モデルを実行しよう !!

と、そのまえに

・ 記述統計の確認をする

・ 4月からだんだんと学習意欲が減っていていることがわかる

記述統計量

	度数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
学習意欲4月	80	15	24	19.79	2.121
学習意欲7月	80	13	21	17.05	1.820
学習意欲11月	80	10	20	14.30	2.113
有効なケースの数 (リストごと)	80				

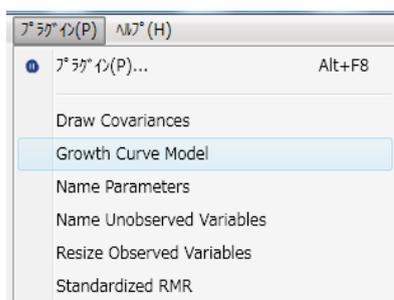
16

分析

IBM SPSS Amosを選択

プラグイン

Growth Curve Modelを選択



「Number of time points」を今回は3時点で
行っているので、「3」とする

17

分析

パス図が自動で書かれる

「データファイルを選択」からファイルを選択し、読み込む

オブジェクト上で右クリック 「オブジェクトのプロパティ」 「ICEPT」を「切片」、 「SLOPE」を「傾き」と変更する

「表示」 「データセットに含まれる変数」より、「X1」「X2」「X3」をそれぞれ名称を変更する

18

分析

「表示」 「分析のプロパティ」
「推定」タブ 「平均値と切片を推定」をチェック
「出力」タブ 「標準化推定値」をチェック
観測変数「学習意欲4月」から「学習意欲11月」までのパラメータのタブの「切片」の欄を0にする

潜在因子「切片」「傾き」の「平均」に入力されている文字を消去

19

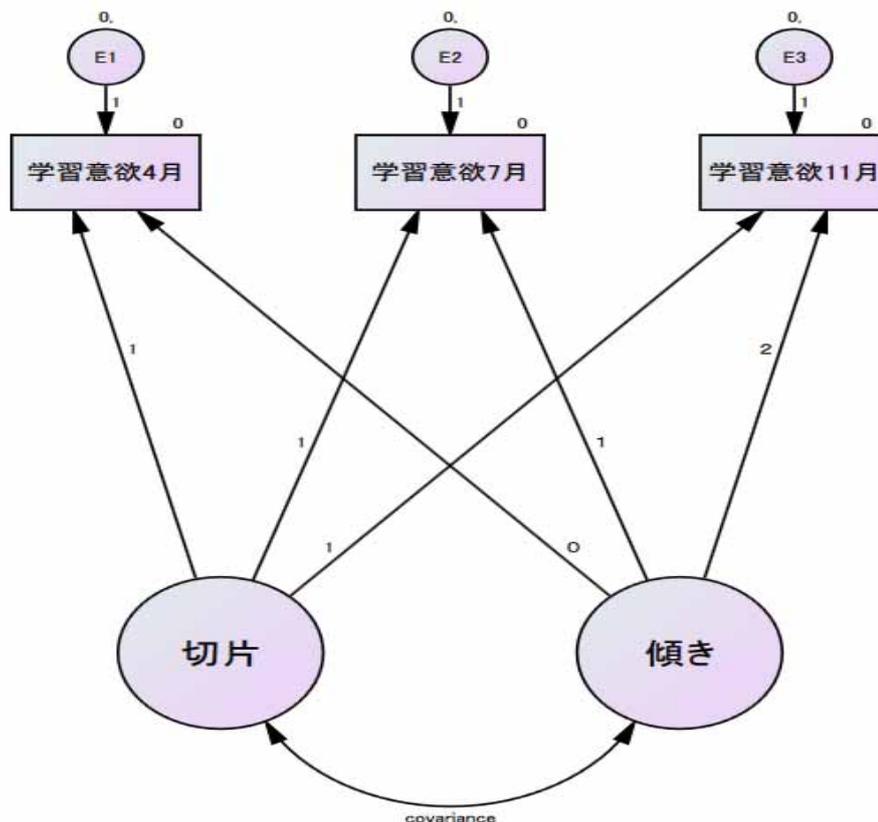
分析

「切片」から各観測変数に対して引かれているパスを右クリックし、「オブジェクトのプロパティ」
「パタメーター」タブ 係数に1を入力

「傾き」から各観測変数のパスを同様に右クリックして、「学習意欲4月」へのパスに0,「学習意欲7月」へのパスに1,「学習意欲11月」へのパスに2を係数として入力

分析を実行

20



21

分析

モデル適合をチェック

χ^2 値: 想定したモデルを正しいとして, 分析したデータとの乖離を求める

χ^2 値が有意でなければ採択される

GFI: 通常0から1までの値をとり, モデルの説明力の目安になる

1に近いほど, 説明力のあるモデルになる。0.9以上が望ましい

22

分析

モデル適合をチェック

CFI: 分析モデルが独立モデルに比べて, どの程度改善されているかを示す指標

0.9以上が望ましいモデル

RMSEA: モデルの分布と真の分布との乖離を1自由度あたりの量として表現した指標

0.05以下であれば当てはまりがよい

23

モデルの適合

モデル適合の要約

CMIN

モデル	NPAR	CMIN	自由度	確率	CMIN/DF
モデル番号 1	8	.003	1	.957	.003
飽和モデル	9	<u>.000</u>	0		
独立モデル	6	142.393	3	.000	47.464

基準比較

モデル	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
モデル番号 1	1.000	1.000	1.007	1.021	1.000
飽和モデル	1.000		1.000		1.000
独立モデル	.000	.000	.000	.000	.000

RMSEA

モデル	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
モデル番号 1	.000	.000	.000	.961
独立モデル	.767	.662	.877	.000

24

結果の読み取り

- ・ 上の非標準化係数では, 分析の時に固定された値が示されている
- ・ 標準化係数は, 切片や傾きを標準化したときのパス係数の値である

係数: (グループ番号 1 - モデル番号 1)

	推定値	標準誤差
学習意欲4月 <--- 切片	1.000	
学習意欲4月 <--- 傾き	.000	
学習意欲7月 <--- 切片	1.000	
学習意欲7月 <--- 傾き	1.000	
学習意欲11月 <--- 切片	1.000	
学習意欲11月 <--- 傾き	2.000	

標準化係数: (グループ番号 1 - モデル番号 1)

	推定値
学習意欲4月 <--- 切片	.936
学習意欲4月 <--- 傾き	.000
学習意欲7月 <--- 切片	1.091
学習意欲7月 <--- 傾き	.316
学習意欲11月 <--- 切片	.940
学習意欲11月 <--- 傾き	.545

25

結果の読み取り

・ 切片の推定値、傾きの推定値が算出されている。すべて、有意である。

平均値: (グループ番号 1 - モデル番号 1)

	推定値	標準誤差	検定統計量	確率	ラベル
切片	19.789	.235	84.136	***	
傾き	-2.742	.103	-26.695	***	

共分散: (グループ番号 1 - モデル番号 1)

	推定値	標準誤差	検定統計量	確率	ラベル
切片 <-> 傾き	-.684	.396	-1.727	.084	covariance

相関係数: (グループ番号 1 - モデル番号 1)

	推定値
切片 <-> 傾き	-.606

・ また、切片と傾きとの共分散は、有意傾向であった

結果の読み取り

・ 切片の分散は、有意で、傾きの分散は有意でなかった

分散: (グループ番号 1 - モデル番号 1)

	推定値	標準誤差	検定統計量	確率	ラベル
切片	3.895	.784	4.969	***	
傾き	.328	.271	1.208	.227	
E1	.547	.488	1.122	.262	
E2	.418	.213	1.966	.049	
E3	1.941	.529	3.668	***	

・ 学習意欲11月の分散も有意であった

他の変数のくみあわせ

山森 (2004) では, 単なる英語学習意欲の変化の様相だけでなく, 介入的系口も探りたいと考えた

そのため, 1時点(実際の研究では, 12月だがデータ解析演習で扱うデータでは, 7月)での自己効力感が英語学習意欲の変化の度合い (傾き) にどのような変化を及ぼすのかを検討した

28

分析

長方形のアイコンをクリックし, 2つの潜在変数の間に長方形を書く 「オブジェクト名」を「自己効力感7月」とする

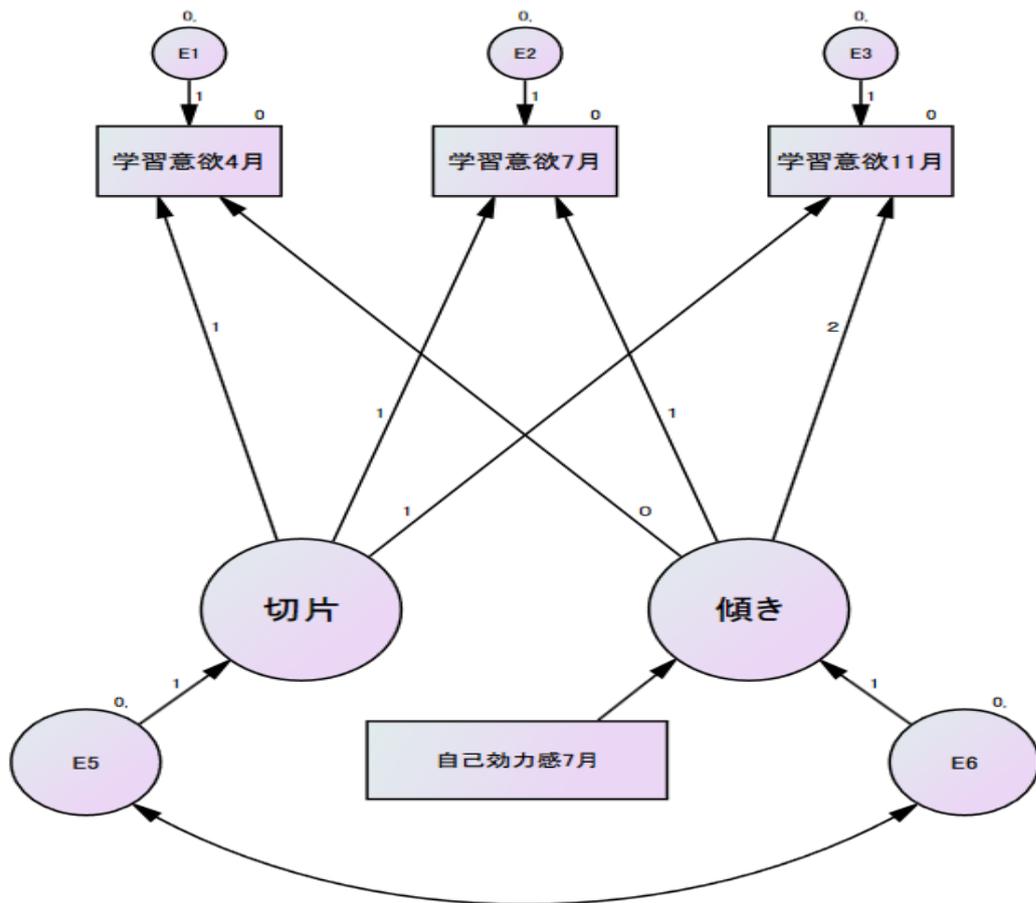
切片と傾きの間のパスを削除

「自己効力感7月」から傾きにパスを引く

切片と傾きに誤差の潜在変数を付け加え, E4, E5と名前をつける

E4とE5の間の共分散を設定する

29



モデル適合

モデル適合の要約

CMIN

モデル	NPAR	CMIN	自由度	確率	CMIN/DF
モデル番号 1	11	5.137	3	.162	1.712
飽和モデル	14	.000	0		
独立モデル	8	177.500	6	.000	29.583

基準比較

モデル	NFI	RFI	IFI	TLI	CFI
	Delta1	rho1	Delta2	rho2	
モデル番号 1	.971	.942	.988	.975	.988
飽和モデル	1.000		1.000		1.000
独立モデル	.000	.000	.000	.000	.000

RMSEA

モデル	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
モデル番号 1	.095	.000	.231	.232
独立モデル	.602	.527	.679	.000

結果の読み取り

・ 上の非標準化係数では, 分析の時に固定された値が示されている

・ 標準化係数は, 切片や傾きを標準化したときのパス係数の値である

		推定値	標準誤差	検定統計量	確率ラベル
傾き	<--- 自己効力感7月	.384	.062	6.237	***
学習意欲4月	<--- 切片	1.000			
学習意欲4月	<--- 傾き	.000			
学習意欲7月	<--- 切片	1.000			
学習意欲7月	<--- 傾き	1.000			
学習意欲11月	<--- 切片	1.000			
学習意欲11月	<--- 傾き	2.000			

標準化係数: (グループ番号 1 - モデル番号 1)

		推定値
傾き	<--- 自己効力感7月	.745
学習意欲4月	<--- 切片	.936
学習意欲4月	<--- 傾き	.000
学習意欲7月	<--- 切片	1.056
学習意欲7月	<--- 傾き	.318
学習意欲11月	<--- 切片	.956
学習意欲11月	<--- 傾き	.576

32

結果の読み取り

・ 自己効力感の推定値, 切片の推定値, 傾きの推定値が算出されている。すべて, 有意である。

平均値: (グループ番号 1 - モデル番号 1)

	推定値	標準誤差	検定統計量	確率ラベル
自己効力感7月	3.813	.130	29.412	***

切片: (グループ番号 1 - モデル番号 1)

	推定値	標準誤差	検定統計量	確率ラベル
切片	19.789	.235	84.136	***
傾き	-4.207	.251	-16.770	***

33

結果の読み取り

・ 自己効力感7月と切片の分散が有意であった

分散: (グループ番号 1-モデル番号 1)

	推定値	標準誤差	検定統計量	確率	ラベル
自己効力感7月	1.327	.211	6.285	***	
E4	3.895	.784	4.969	***	
E5	.157	.247	.637	.524	
E1	.547	.488	1.122	.262	
E2	.526	.217	2.428	.015	
E3	1.511	.460	3.282	.001	

・ 一方, 傾きの分散は有意ではなかった

34

結果の読み取り

・ E5とE6の間の共分散は有意傾向であった。相関係数は-.82とかなり高かった。

共分散: (グループ番号 1-モデル番号 1)

	推定値	標準誤差	検定統計量	確率	ラベル
E5 <-> E6	-.640	.359	-1.785	.074	

相関係数: (グループ番号 1-モデル番号 1)

	推定値
E5 <-> E6	-.818

35

結果の解釈

中学1年生の4月における英語学習態度の平均は19.79点(切片)であり,多くの生徒は4月の時点では英語学習態度が高いと考えられる

傾きの平均が- 4.21点であったことから,中学生の英語学習態度は1ヶ月に- 1.05点程度ずつ低くなることが示された

つまり,今回の英語学習態度は

$$Y = 19.79 + - 4.21X$$

と表すことができる

結果の解釈

自己効力感から傾きへのパス係数は.38であった。これは,自己効力感の項目において,1点高いと傾きは- 4.21より.38大きくなることを示している

つまり,得点が高い方が4月当初から英語学習態度が大きく変化しないことを意味する

英語学習態度を減少させないためには,自己効力感を高める教育実践が必要であるということがわかる

結果の解釈

因子間相関

切片と傾きの相関は -0.82 であった。これは、英語学習態度の初期値が低いと、減少率は低くなることを意味している。つまり、いわゆる床効果のような現象がみられた

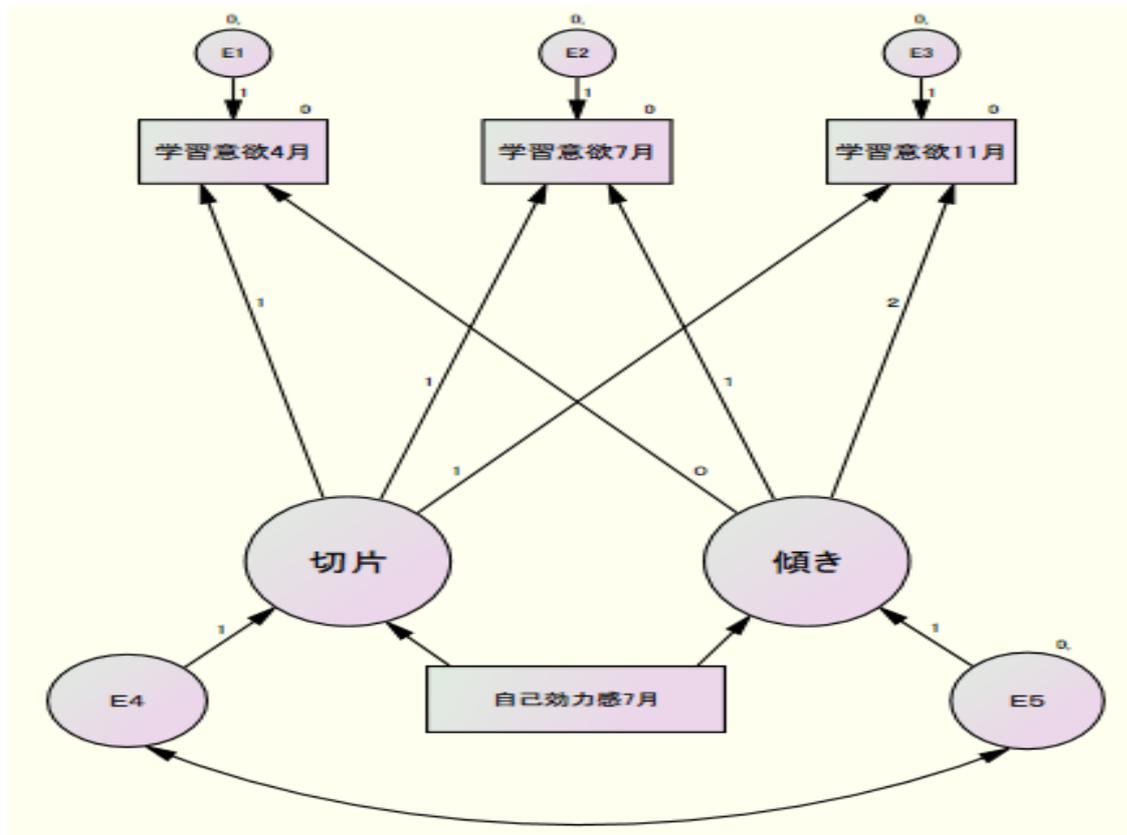
結果の解釈

切片と傾きのばらつき

もともと傾きの個人差はさほどなかったが、自己効力感を独立変数としていれることで、少しながらばらつきが減っている

切片は依然として、個人差は大きいままである

補足



40

モデル適合

・ RMSEAのあてはまりがあまりよくない

CMIN

モデル	NPAR	CMIN	自由度	確率	CMIN/DF
モデル番号 1	12	4.622	2	.099	2.311
飽和モデル	14	.000	0		
独立モデル	8	177.500	6	.000	29.583

基準比較

モデル	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
モデル番号 1	.974	.922	.985	.954	.985
飽和モデル	1.000		1.000		1.000
独立モデル	.000	.000	.000	.000	.000

RMSEA

モデル	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
モデル番号 1	.129	.000	.287	.145
独立モデル	.602	.527	.679	.000

41

補足

- ・ 自己効力感7月から切片へのパスは有意ではなかった

係数: (グループ番号 1-モデル番号 1)

			推定値	標準誤差	検定統計量	確率	ラベル
傾き	<---	自己効力感7月	.418	.077	5.456	***	
切片	<---	自己効力感7月	-.151	.203	-.740	.459	
学習意欲4月	<---	切片	1.000				
学習意欲4月	<---	傾き	.000				
学習意欲7月	<---	切片	1.000				
学習意欲7月	<---	傾き	1.000				
学習意欲11月	<---	切片	1.000				
学習意欲11月	<---	傾き	2.000				

標準化係数: (グループ番号 1-モデル番号 1)

			推定値
傾き	<---	自己効力感7月	.813
切片	<---	自己効力感7月	-.089
学習意欲4月	<---	切片	.927
学習意欲4月	<---	傾き	.000
学習意欲7月	<---	切片	1.071
学習意欲7月	<---	傾き	.324
学習意欲11月	<---	切片	.965
学習意欲11月	<---	傾き	.583

いろいろな応用が可能

- ・ 野澤 (2011) では, 1歳児から2歳児にかけての友達とのやりとりにおける自己主張の変化を成長曲線モデルを使い検討している。サンプル数は10名ながらも発達のマクロとミクロが表現できていて面白い

- ・ 高橋・安藤 (2009) では, 切片と傾き以外に2次項 (単位時間当たりの発達の変化の加速もしくは減速の程度)を組み込み, 行動遺伝学と組み合わせた研究を紹介している。

文献

- 野崎優樹 (2011). 構造方程式モデリング(SEM)による成長曲線モデル
<http://www.educ.kyoto-u.ac.jp/cogpsy/personal/Kusumi/datasem11/nozaki.pdf> (2014年7月1日 最終確認)
- 野澤祥子 (2011). 1～2歳の子ども同士のやりとりにおける自己主張の発達的变化.
発達心理学研究, 22, 22-32.
- 西條剛央 (2005). 構造構成的発達研究法の理論と実践－縦断研究法の体系化に向けて－. 北大路書房
- 小塩真司 (2007). SPSSとAmosによる心理・調査データ解析 因子分析・共分散構造分析まで . 東京図書.
- 岡林秀樹 (2006). 発達研究における問題点と縦断データの解析方法. *パーソナリティ研究*, 15, 76-86.
- 高橋雄介・安藤寿康 (2009) 双生児法による乳児・幼児の発育縦断研究. 三宅和夫・高橋恵子 (編) 縦断研究の挑戦－発達を理解するために－ (pp.53-69) 金子書房
- 豊田秀樹 (2007). 共分散構造分析 Amos編 東京図書
- 山森光陽 (2004). 中学校1年生の4月における英語学習に対する意欲はどこまで持続するのか. *教育心理学研究*, 52, 71-82.