

2015年10月19日輪講資料(水野)

Leppink, J., Paas, F., Van Gog, T., van Der Vleuten, C. P., & Van Merriënboer, J. J. (2014). Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load. *Learning and Instruction*, 30, 32-42.

1. イントロダクション

- 認知負荷理論には2種類の負荷(課題外在性負荷/課題内在性負荷)がある。
- 課題外在性負荷 *Extraneous Load*
 - 学習と関連がない認知プロセスによる負荷
- 課題内在性負荷 *Intrinsic Load*
 - 学習される情報そのものの負荷
- 「学習関連負荷(*Germane Load*)」の考え方は、後に付け加えられた。
 - 「学習関連負荷」とは伝統的な考え方
 - 最近では、「学習関連資源(*Germane resources*)」として使用されていることもある。
 - ◇ =課題内在性負荷を処理するために割り当てられたワーキングメモリ資源
 - ◇ それゆえ、課題内在性負荷と関連するとされている。
 - ◇ しかし、この論文では「学習関連負荷」の用語で統一している。

主観的尺度による認知負荷測定

- Paas(1992)のような9段階の心的努力評価尺度が、全体的な認知負荷測定に使われてきた。
 - しかし、3つの認知負荷を分けて測定するには不十分
- 3つの認知負荷を測定する方法がいくつも研究されている。

3種類の認知負荷を区別して測定する新しい方法

- 我々の研究グループは心理測定法(*psychometric instrument*)を開発した
- この方法では3種類の認知負荷を測定できているとの先行研究の結果もあるが、いくつかの理由で十分ではないと言える。
 - 理由 1.学習関連負荷と課題の成績の間の相関が弱く、統計的に有意ではない
 - 理由 2.一つの分野(統計)の学習でしか検証されていない
 - 理由 3.実験操作に不備があった

この研究の目的

1. この新しい認知負荷測定方法が3種類の認知負荷を測定するのに有効か
2. 測定できた要因で課題成績を予想できるか
3. 学習方法によって3つの要因がどう影響するのか
.....を調べることを目的とする。

2. 実験 I 「言語学習と統計学習における予備実験」

- 統計学習(先行研究と同じ題材)と言語学習(新規題材)において実験を行う。

仮説

- H1:2 つの題材において、3 種類の認知負荷について似たような結果と数値となる。
- H2:統計学習題材での試験成績は、課題内在性負荷・課題外在性負荷を表していると思われる要因と負の相関がある。
- H3: 統計学習題材での試験成績は、学習関連負荷を表していると思われる要因と正の相関がある。

2.1.1 方法

言語学習題材

- 外国語学習 14 クラス(フランス語オランダ語など 8 言語)の 108 名の学生を対象。各クラス 6~10 名

統計学習題材

- 174 名の心理学専攻の大学 1 年生
- 学習分野は平均・仮説検定・z 検定・t 検定・F 検定等

2.1.2 手続き

言語学習題材

- パフォーマンスに関するデータを測定できず
- 2 時間の授業後にアンケートに解答

統計学習題材

- 2 時間の授業後にアンケートに解答
- 5 週間後に試験(151 名が参加)

2.1.3 データ分析方法

- H1: 主因子分析法と内部整合性で 2 つの題材でのアンケート尺度の数値を比較
- H2,3:統計の試験成績とアンケートの相関を分析

アンケート(Table1)

0(全く当てはまらない)-10(完全に当てはまる)の尺度で答える

統計学習題材(言語学習題材)

1. 講義での内容はとても複雑だった
2. 講義で伝えられた式(文法)は、私にとってとても複雑だった
3. 講義で伝えられた概念と定義(語彙)は、私にとってとても複雑だった
4. 講義中の教え方と説明は、とても不明快であった
5. 講義中の教え方と説明は、わかりにくい言葉であった
6. 講義中の教え方と説明は、学習の観点からとても非効率的だ
7. 講義は、私の内容理解を高めてくれた
8. 講義は、私の式(文法)の理解を高めてくれた
9. 講義は、私の概念と定義(語彙)の理解を高めてくれた
10. 講義は、統計に対する(その言語に対する)私の知識と理解を高めてくれた

※1-3:課題内在性負荷、4-6:課題外在性負荷、7-10:学習関連負荷を測定する(と想定した)質問

2.2 結果

Table 3
Factor loadings and internal consistency (i.e., Cronbach's alpha) values per factor in Study 1.

Factor/item	Statistics		Language	
	Loading	Alpha	Loading	Alpha
'Intrinsic'		.893		.816
Item 1	.932		.893	
Item 2	.782		.734	
Item 3	.846		.688	
'Extraneous'		.785		.838
Item 4	.693		.925	
Item 5	.911		.881	
Item 6	.569		.557	
'Germane'		.947		.889
Item 7	.922		.904	
Item 8	.858		.635	
Item 9	.905		.809	
Item 10	.933		.909	

Table 4
Correlations between the three factors in Study 1.

Factor pair	Statistics	Language
'Intrinsic'-'extraneous'	.504	.271
'Intrinsic'-'germane'	-.125	.029
'Extraneous'-'germane'	-.210	-.519

Table 5
Mean (*M*) and standard deviation (*SD*) along with skewness and kurtosis for each of the three factors per questionnaire in Study I.

Factor	Statistics <i>M (SD)</i>	Skewness	Kurtosis	Language <i>M (SD)</i>	Skewness	Kurtosis
'Intrinsic'	4.63 (2.03)	-.138	-.862	4.45 (1.90)	-.080	-.092
'Extraneous'	2.09 (1.55)	1.571	4.076	1.74 (1.58)	.930	-.116
'Germane'	6.30 (1.73)	-.710	1.006	7.13 (1.64)	-.699	.847

Table3:2つの題材の間の内的整合性(クロンバックの α 係数) Table4:要因の間の相関 Table5:要因の平均・歪度・尖度

- Table3,4 より、2つの題材の間でアンケートの数値は整合していた(H1)
- 試験成績は、課題内在性負荷($r=.210, p=.010$)・課題外在性負荷($r=-.320, p<.001$)を表していると思われる要因と負の相関があった。(H2)
- 学習関連負荷を表していると思われる要因と試験成績の間に正の相関があった($r=.140, p=.084$)が、有意ではなかった。(H3)

2.3 考察

- 3つの要因は頑健であることが分かったが、その要因が本当にそれぞれの認知負荷を測っているかどうかはまだ明らかではない。
- 3種類の認知負荷が独立で、加算的ならば、相関は0に近くなるだろう。
- 3種類の認知負荷と学習成果とのより直接的な関係を調査するため実験IIを行う。

3 実験II「問題、例題、成績、認知負荷」

3.1.1 方法

- 参加者：社会福祉学部の1年生84名
- 実験デザイン：4群を設定。ランダムに参加者を分ける
 - 問題-問題(P-P)：第1課題に問題、第2課題に問題 20名
 - 問題-例題(P-E)： 問題、 例題 18名
 - 例題-問題(E-P)： 例題、 問題 18名
 - 例題-例題(E-E)： 例題、 例題 18名

3.1.2 材料

- 認知負荷測定方法：実験Iのアンケートを改良。心的努力に関する3つの質問を追加(Table6太字項目)
- 素材：ベイズの定理の応用問題

3.1.3 手続き

- 全体で30分
- 第1課題(5分)→第2課題(5分)→認知負荷測定アンケート(学習フェーズにおける認知負荷の測定)
→ポストテスト→認知負荷測定アンケート(ポストテストにおける認知負荷の測定)

仮説

- H4:ポストテスト成績: E-P 群,E-E 群 > P-E 群,P-P 群
- H5a:追加質問 1(項目 4)は課題内在性負荷に影響
- H5b:追加質問 2(項目 8)は課題外在性負荷に影響
- H5c:追加質問 3(項目 13)は学習関連負荷に影響
- H6:ポストテストにおいて、 E-E 群,E-P 群は課題内在性負荷が低い
- H7a:学習フェーズにおいて、 E-E 群,E-P 群は課題外在性負荷が低い
- H7b:ポストテストにおいて、 E-E 群,E-P 群は課題外在性負荷が低い
- H8a:学習フェーズにおいて、 E-E 群,E-P 群は学習関連負荷が高い
- H8b:ポストテストにおいて、 E-E 群,E-P 群は学習関連負荷が高い

アンケート(Table6)

0(全く当てはまらない)-10(完全に当てはまる)の尺度で答える

1. 講義での内容はとても複雑だった
2. 講義で伝えられた式は、私にとってとても複雑だった
3. 講義で伝えられた概念と定義は、私にとってとても複雑だった
4. 私はこの課題が複雑なのでとても心的努力を要した
5. 講義中の教え方と説明は、とても不明快であった
6. 講義中の教え方と説明は、わかりにくい言葉であった
7. 講義中の教え方と説明は、学習の観点からとても非効率的だ
8. 私はこの課題での不適切な説明や学習方法のためとても心的努力を要した
9. 講義は、私の内容理解を高めてくれた
10. 講義は、私の式の理解を高めてくれた
11. 講義は、私の概念と定義の理解を高めてくれた
12. 講義は、統計に対する私の知識と理解を高めてくれた
13. 私はこの課題で、自分の知識と理解を高めるためにとても心的努力を要した

※1-4:課題内在性負荷、5-8:課題外在性負荷、9-13:学習関連負荷を測定する(と想定した)質問
4,8,13 が追加質問

3.1.4 データ分析方法

- H4:ポストテストの成績を分析するために分散分析
 - 2 要因参加者間分析
- H5:クロンバックの α 信頼性係数を算出
- H6~8:分割プロットデザインの分散分析

3.2 結果

Table 7

Mean (M) and standard deviation (SD) along with skewness and kurtosis of the (averaged) scores of the factors supposed to represent intrinsic, extraneous, and germane cognitive load per measurement occasion (training and posttest) per instructional format (Study II).

Factor	Training M (SD)	Skewness	Kurtosis	Posttest M (SD)	Skewness	Kurtosis
<i>Problem–problem</i>						
'Intrinsic'	2.03 (1.44)	.646	-.575	2.26 (1.83)	.786	.151
'Extraneous'	1.09 (1.36)	1.284	.550	1.49 (1.76)	1.095	-.234
'Germane'	2.03 (1.84)	.487	-1.267	1.94 (1.74)	.599	-.291
<i>Problem–example</i>						
'Intrinsic'	1.78 (1.61)	.749	-.537	3.10 (1.97)	.608	1.105
'Extraneous'	1.14 (1.30)	1.180	1.025	1.43 (1.48)	1.264	-.413
'Germane'	1.74 (1.47)	.361	-.994	2.42 (1.98)	.678	-.942
<i>Example–problem</i>						
'Intrinsic'	2.60 (1.85)	.584	-.623	2.65 (1.47)	.498	-.913
'Extraneous'	1.54 (1.49)	.772	-.782	1.86 (1.47)	.503	-.048
'Germane'	4.12 (2.43)	-.125	-1.305	4.56 (2.11)	-.247	-.533
<i>Example–example</i>						
'Intrinsic'	2.32 (1.62)	.046	-.778	2.79 (1.89)	.392	-.767
'Extraneous'	2.01 (1.72)	.870	.007	2.07 (1.74)	.642	-.959
'Germane'	2.72 (2.09)	.526	-.566	3.00 (1.73)	.178	.200

「Item13を省くことで信頼性係数が.933から.942に上昇する」=内的一貫性が低い という意味(H5c)

Table 8
Cronbach's alpha values along with corrected item-total correlations and Cronbach's alpha values after deletion of a particular item (keeping the rest of the items) per factor per measurement occasion, and correlations with posttest performance (Study II).

Factor/item	Training		Posttest		
	Corrected item-total correlation	Cronbach's alpha	Corrected item-total correlation	Cronbach's alpha	
		Factor	Item out	Factor	Item out
'Intrinsic'		.853		.872	
Item 1	.849	.740	.833	.790	
Item 2	.819	.755	.876	.770	
Item 3	.493	.886	.465	.921	
Item 4	.662	.826	.764	.821	
'Extraneous'		.632		.787	
Item 5	.451	.537	.725	.661	
Item 6	.525	.562	.622	.755	
Item 7	.363	.631	.431	.837	
Item 8	.469	.531	.734	.663	
'Germane'		.933		.931	
Item 9	.921	.897	.894	.899	
Item 10	.892	.903	.891	.900	
Item 11	.826	.917	.834	.913	
Item 12	.802	.922	.848	.909	
Item 13	.680	.942	.637	.948	

Table 9
Correlations between the three factors per measurement occasion and posttest performance (Study II).

Factor	Training <i>r</i> (<i>p</i> -value)	Posttest <i>r</i> (<i>p</i> -value)
'Intrinsic'	.068 (.567)	-.017 (.883)
'Extraneous'	.049 (.677)	.042 (.722)
'Germane'	.141 (.230)	.113 (.336)

time=時間ではなく
回数(第1課題,第2課題)という意味

Table 10
Outcomes of split-plot ANOVA for the factor that was supposed to represent intrinsic cognitive load (Study II).

Effect	<i>F</i> (1, 70)	<i>p</i> -value	η^2 -value
Time	7.121	.009	.092
First task	.731	.395	.010
Second task	.101	.751	.001
First task by second task	1.204	.607	.004
Time by first task	1.728	.193	.024
Time by second task	3.715	.058	.050
Time by first task by second task	.737	.393	.010

Table 11
Outcomes of split-plot ANOVA for the factor that was supposed to represent extraneous cognitive load (Study II).

Effect	<i>F</i> (1, 70)	<i>p</i> -value	η^2 -value
Time	2.635	.109	.036
First task	3.323	.073	.045
Second task	.276	.601	.004
First task by second task	.285	.595	.004
Time by first task	.232	.631	.003
Time by second task	.321	.573	.005
Time by first task by second task	.056	.814	.001

Table 12
Outcomes of split-plot ANOVA for the factor that was supposed to represent germane cognitive load (Study II).

Effect	<i>F</i> (1, 70)	<i>p</i> -value	η^2 -value
Time	3.251	.076	.044
First task	14.337	<.001	.170
Second task	2.782	.100	.038
First task by second task	3.632	.061	.049
Time by first task	.029	.865	<.001
Time by second task	.722	.398	.010
Time by first task by second task	1.643	.204	.023

- Table7 : 学習フェーズとポストテストにおける 3 種類の認知負荷を表すと考えている指標尺度の平均、歪度、尖度
- Table8 : クロンバックの α 信頼性係数
- Table9 : ポストテストの成績と、学習フェーズ・ポストテストでの各要因の相関
- Table10-12 : 分割プロットデザインの分散分析の結果
- ポストテスト成績 : P-P 群 < P-E 群 < E-P 群 < E-E 群

3.3 考察

- H4 : ポストテスト成績より、示された
- H5a,b : Table8 より、追加された質問項目に関して、相関とクロンバックの α 係数が内的に一貫していることを示しているため、仮説が示された
- H5c : Table8 より、追加質問 3(Item13)の内的一貫性が低いことから、H5c は示されず
- H6,7a,7b : 示されず
- H8a,b : Table12 より、第 1 課題で例題をといた参加者は学習フェーズとポストテストでより高い学習関連負荷がかかっていることを確認

4 総合考察

- この方法で、課題外在性負荷と課題内在性負荷を区別して測定することができ、質問項目もそれぞれの負荷を表していることが確認できた。
- この結果は、最近の学習関連負荷の再定義の議論にも当てはまる。