

電子黒板を用いた授業において 「教師が見える」ことによる効果に関する因果関係の検討

佐藤弘毅

名古屋大学国際機構国際言語センター

Cause and Effect Analysis on the Teacher's Presence in Lectures Using the Interactive Blackboard

Kouki SATO

International Language Center, Nagoya University

電子黒板を用いた授業の利点の一つであると考えられる視線集中の効果について、主に「電子黒板の前または近くに教師の姿が見えること」による影響を検討する。教師の位置として、①画面の前で電子黒板を操作、②画面の横で手元のタッチパネルを操作、③画面の後ろで手元のタッチパネルを操作、の3通りによる授業を実験的に行い、各授業後に行ったアンケートを分析する。本稿ではその中から学習効果に関わる項目に着目し、因果関係の検討を行う。

<キーワード> 電子黒板 視線集中 存在感 ノートテイキング 教育メディア

1. 研究の背景

1.1 電子黒板

授業において伝統的に用いられている教育メディアである黒板は、速記性や柔軟性に富み教材を提示するための装置として最も適している、受講者がノートを取る（ノートテイキング）による学習が期待できる、受講者の視線集中が行われる等の利点がある⁽¹⁾。電子黒板（interactive blackboard）は、この機能を拡張し、PC やネットワークに接続された巨大なタッチパネルディスプレイに置き換えたものである。本研究では、装置とソフトウェアの基本的な機能として、(1)操作、(2)書き込み、(3)保存の3点が備わっているものを示す。このうち(1)および(3)は、PC に接続されたからこそ実現できる機能である。一方で、(2)のように黒板としての特徴を併せ持つため、PC ということを感じさせず⁽²⁾、抵抗感が少なく自然に教室に導入できるものと考えられる。近年、この電子黒板は徐々にその有効性が認められ、教育現場に普及してきた⁽³⁾。

ところで、上記要件を満たす電子黒板には、装置の構成に応じていくつかの種類がある。電子黒板活用効果研究協議会⁽⁴⁾は、プラズマディスプレイまたは短焦

点プロジェクタとタッチパネルが一体となった「一体型」、タッチパネル装置のついた専用の白板に前面からプロジェクタで投影する「ボード型」、プロジェクタで投影したスクリーンに専用のペン入力装置を取り付けて使う「ユニット型」の3種類を示している。清水⁽⁵⁾はこれに加えて、手元のタッチパネルディスプレイまたはタブレット PC の画面をプロジェクタで投影する「タブレット型」を示している。これは、「一体型」では板面が小さすぎて支障がある大講義室での授業や、画面を遠隔に配信するe-ラーニングでの活用が考えられる。

しかし、画面を直接指し示すことができその位置が操作や書き込みの位置である「一体型」に対し、「タブレット型」は操作の位置と表示される位置が異なるため、画面の見やすさや内容理解の面で差が出てくると考えられる。また、受講者の視線がタブレットを操作する教師と投影画面に分かれるため、従来の黒板を用いた授業と比べると不自然な状況であることが危惧される。このような状況では、受講者が教師や他の受講者を意識することが難しい。この「他者を意識する」感覚は存在感（social presence）として知られており、近年学習効果との関係が指摘されている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

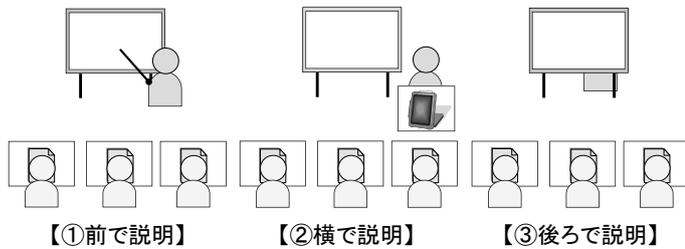


図 1 実験的授業の 3 条件

1.2 「教師が見える」ことによる影響

以上の点をふまえ、先行研究⁽⁷⁾⁽⁸⁾では「電子黒板の前または近くに教師の姿が見えること」による影響を調べるために、図 1 に示したように①「一体型」の電子黒板を用いて画面の前で教師が板書・説明する授業、②「タブレット型」の電子黒板を用いて画面の横で教師が板書・説明する授業、③「タブレット型」の電子黒板を用いて画面の後ろで受講者から教師の姿が見えない状態で板書・説明する授業の 3 つを実験的に行った。

各授業後に行った受講者に対してのアンケートを比較した結果、総じて受講者から評価が高かったのは①の授業であり、次いで②の授業の評価が高く、③の授業の評価が最も低いという結果であった。特にこの 3 条件に顕著な差が見られたのは教師の存在感についての項目であり、「教師が見える」ことによる影響が大きかったことがわかった。また、ノートテイキングの効果についても①～③の授業で異なる様相が見られ、ノートを取ることが内容理解に役立っていた①と②の授業に対し、③の授業ではノートテイキングの効果を活かすことが難しいことが示唆された。

2. 目的

以上の通り、これまでの研究では「教師が見える」ことによる効果をアンケート項目別に検討してきたが、これらの間の因果関係、例えば教師の存在感が画面の見やすさや説明のわかりやすさ等に与える影響については明らかではない。そこで本研究では、先行研究⁽⁷⁾⁽⁸⁾で行った実験的授業後のアンケートの分析をさらに進めることで、これらの因果関係を明らかにすることを目的とする。

具体的には、まず因果関係を検討する項目を絞り込むため、すべてのアンケート結果を対象とした因子分析を行い、各項目の背景にある因子を探る。各因子について①～③の授業ごとに結果を比較し、先行研究の分析結果と照らし合わせることでその妥当性を検証する。続いて、因子の中から特に学習効果を示しているものを目的変数とし、それに影響を与える項目として残りの因子や関連するアンケート項目を説明変数とした重回帰分析を行うことで、因果関係のモデルを立てる。最後に、このモデルに基づいて①～③の授業ごとに重回帰分析を行い、結果の比較を行うことで、「教師が見える」ことによる影響を考察する。

3. 方法

3.1 被験者

受講者は大学生 27 名（男 11 名、女 16 名）であった。平均年齢は 19.4 歳で、標準偏差は 1.34 であった。

3.2 実験デザイン

これらの受講者を 3 グループに分けて、9 名ずつ実験的授業を行った。教師は実験者が担当したが、授業はあらかじめ用意していた 3.4 で述べる内容のシナリオにしたがって進め、3 グループとも同一の内容になるように心がけた。

授業環境は、1.2 で述べた通り教師と画面の位置に応じて、①前で説明、②横で説明、③後ろで説明の 3 条件である。条件の順序や授業内容が評価に影響する危険が考えられるため、被験者のグループの間で条件の順序の入れ替えを行い、その影響を相殺するラテン方格法による実験デザインを採用した。これは、被験者のグループの間で同じ順序・内容を同じ条件で行わないように、条件の順序を入れ替えながら試行を繰り返す実験計画である。具体的なデザインの例を表 1 に示す。表の列はグループを、行は順序・内容を表す。例えば、はじめのグループで 1 回目に①前で説明をした場合、以後のグループでは 1 回目に二度と同じ条件をやらないようにする。このように配置していくと、全部で 3 条件×3 グループの試行でラテン方格が完成する。これにより、被験者間計画、すなわち 3 条件の授業をすべて異なる被験者のグループで行った場合の、

表1 ラテン方格法による実験デザイン例

	グループ		
	1	2	3
1. A市	①	②	③
2. C市	②	③	①
3. D市	③	①	②

個人特性やグループダイナミクスの評価への影響も、回避できると考えた。また、授業内容による評価への影響を相殺するため、順序と内容を対応させた。すなわち、全グループが同じ内容を同じ順序で受講した。

3.3 授業環境

電子黒板は、タッチパネルに約70インチのSMART Technologies製のスマートボードを用いた。上部に取り付けられたEPSON製の短焦点プロジェクタから画面を投影する方式で、背面にノートPCが設置してあり、一体となっている。条件①の授業では、教師による板書、指示、スライド送りはすべて指もしくは専用のペンによるタッチ操作で行った。条件②および③の授業では、Wacom製の21インチのタッチパネルディスプレイを教師の手元に置き、同じ画面を上記の電子黒板に映した。操作は手元のタッチパネルで専用のペ

ンを用いて行った。

説明・板書用のソフトウェアとしてSMART Notebookを使用し、ソフトウェア上に説明・板書のためのスライドを用意した。

3.4 授業内容と方法

授業内容は、日本に実在する市をモデルに設定された架空の市1つを、教師が受講者に紹介するものである。あらかじめ3つの市(A市、C市、D市)を説明するための資料とスライドを用意しておき、教師は資料に従って授業を行った。なお、受講者の既有知識による影響を避けるため、固有名詞等はすべて架空のもの(ひらがなに統一)に変更してある。スライドの内容はすべての市で①概要、②地理、③人口、④産業、⑤その他、⑥まとめの6枚で同じ構成になっている。①には人口、面積、人口密度の情報が、②には市の地図が、③には人口の変化を示す棒グラフが、④には産業を示す表と円グラフが、⑤には説明文が、⑥には箇条書きによるまとめが含まれている。説明資料には、教師が話す台詞、板書する項目と箇所と板書例、スライドを指し示す項目と箇所のすべてが記されている。スライドの②では白地図に記号と文字を書き入れる動作と指示動作、③ではグラフに線を書く動作、④では

④産業

A市は日本でも有数の農業王国です。農家総数、専業農家数、農業就業人口、経営耕地面積は全国有数で、農業産出額は全国の市町村中6位で、247億円です【表に書き込む】。市の西部の田園地帯では米をはじめ、なす、メロンを含む作物が作られています。中でも米とメロンは県で1位、なすは全国で2位の産出額です【表を指し示す】。「きんき山」のふもとの「おおしま地区」、「きた地区」はみかんの一大生産地となっていて、周辺部には果物を分ける場所や加工工場も多いです。市北部の「うえき町」はすいか【グラフを指し示す】の名産地として地元では有名です。また市の東部では近年かなり数は減ったものの酪農【グラフを指し示す】も行われています。

○主要農産物の産出額

	農業産出額	全国	県
総額	247億円	6位	1位
なす	40億1000万円	2位	1位
みかん	36億7000万円	6位	1位
米	31億1000万円	20位	1位
生乳	19億4000万円	63位	2位
メロン	19億円	9位	1位
すいか	17億3000万円	7位	3位
ばら	1億9200万円	24位	1位

農業産出額

図2 説明資料の例(抜粋)

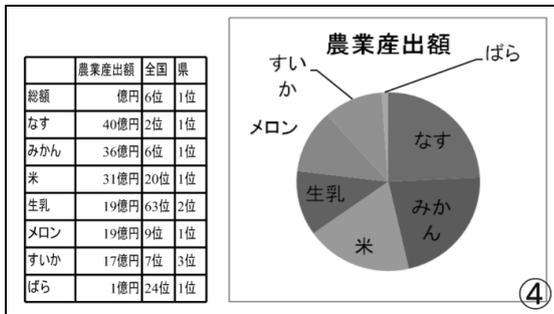


図3 スライドの例（抜粋）

表中に文字を書き入れる動作と指示動作があり、①と⑤と⑥では特に動作はなくスライドを映して説明するのみとなっている。資料の例（スライド④説明部分の抜粋）を図2に、スライド④の例を図3に示す。資料通りに説明すると、授業時間は1回約10分となる。

3.5 実験の手続き

各授業の開始時にノート用のワークシートを配布した。ワークシートは①～⑥のスライド別にノートが取れるように区切られている白紙のものである。授業の終わりには内容に関する理解度テストを行うことを予告し、そのためにノートを取るように指示した。内容や分量は特に指定せず、ワークシートの区切りをのみ出さない限り自由とした。

授業中は教師の説明のみとし、受講者には質問を認めなかった。

授業の後には、3.6で述べる評価アンケートに回答させた。その後、2分間のノート見直し時間を設けた後、ワークシートを回収し、理解度テストを実施した。今回の研究ではアンケートのみを分析対象とする。

3.6 評価方法

各授業の終わりに、受講者に対する評価アンケートを行った。画面や板書の見やすさ4項目、教師の存在感5項目、内容理解4項目、説明のわかりやすさ3項目、ノートテイキング5項目、学習の情意面2項目の全23項目を「1. そう思わない」から「7. そう思う」の7段階で評価させた。なお、これらのうち2項目は、肯定的な評価と否定的な評価のスケールが逆になっている項目（逆転項目）であるが、以後の分析では「7. そう思わない」から「1. そう思う」と肯定的な回答の数値が高くなるように補正して用いている。

3.7 分析方法

先行研究⁷⁾では3.6で述べたすべてのアンケート項目について①～③の授業ごとに結果の比較を行ったが、本研究では因果関係を検討する項目を絞り込むため、すべての授業後のアンケート結果を対象として探索的因子分析を行い、各項目の背景にある因子を探る。各因子の寄与率の高い項目の結果の平均値を、各因子を代表する値とし、①～③の授業ごとに平均値を算出して比較を行う。この結果を先行研究⁷⁾の分析結果と照らし合わせることで、各因子の妥当性を検証する。

続いて、因子の中から特に学習効果を示しているものを目的変数とし、それに影響を与える項目として残りの因子や先行研究⁸⁾の分析結果をふまえたノートテイキングに関連するアンケート項目を説明変数とした重回帰分析を行う。この結果に基づき、さらに別の因子や関連するアンケート項目を目的変数とし、それに影響を与えると考えられる残りの因子を説明変数とした重回帰分析を探索的に繰り返す。これにより、最終的に受講者の主観的な学習効果に影響を与える要因を整理した因果関係のモデルを立てる。

最後に、このモデルに基づき、①～③の授業ごとの結果について重回帰分析を確認的に行う。これらの分析結果を比較することで、①～③の授業の違いすなわち「教師が見える」ことによる影響を考察する。

本研究における統計分析はすべてIBM SPSS Statistics (Version 21) を用いて行う。

4. 結果

4.1 因子分析の結果

3.6で述べたアンケート23項目について①～③すべての授業後のアンケート結果(27人分×3回=81回答)を対象として探索的因子分析を行った。因子抽出法として最尤法を、回転法としてプロマックス法を用いた。因子抽出後の共通性や因子負荷量の小さい項目を取り除き、最終的に表2に示した17項目を分析対象とし、3因子が抽出された。この3因子で17項目の全分散を説明する割合は71.9%であった。表2の項目番号は実際にアンケートで聞いた順番を示しているが、各因子の負荷量が高い順に並び変えている。項目の内容から、因子1を「画面の見やすさ」、因子2を「教師の存在

感」、因子 3 を「主観的な学習効果」とした。各因子の間の相関は表 2 下部に示している。特に、因子 1 と因子 2 の間に高い相関が見られた。

以降の分析では、各因子の負荷量が高い項目の平均を、各因子を代表する値として用いている。また、探索的因子分析の過程でノートテイキングに関わる項目が除外されてしまったため、先行研究⁸⁾の結果から特徴的であった項目(19)も以降の分析に用いている。

これらを条件①～③の授業別に集計し、平均値を算出した結果を図 4 のグラフで示す。各項目において、条件①～③の差を検討するため、一元配置の分散分析(1 要因 3 水準)を行った。結果を図 4 の右側の表に示した。F 値 (F(26,2)) を示し、有意差が見られた項

目にはその確率に応じて印 (** p<.01) を付した。また条件①～③それぞれの組み合わせについて Tukey の方法による多重比較を行い、その結果有意差が見られたものについてはその確率に応じて印 (** p<.01, * p<.05, + p<.10) を付した。列①～③は条件①と③の比較を、列①～②は条件①と②の比較を、列②～③は条件②と③の比較をそれぞれ示している。なお、因子 2 については、等分散性が仮定できなかったため、Welch の方法により分散分析を行い、Games-Howell の方法により多重比較を行った。結果、すべての項目について主効果が見られ、いずれも①教師が画面の前で説明した授業の評価が最も高く、次いで②教師が画面の横で説明した授業、③教師が画面の後ろで説明し

表 2 因子分析の結果

項目	因子 1	因子 2	因子 3	内的 整合性 (α 係数)	
	F1) 画面の 見やすさ	F2) 教師の 存在感	F3) 主観的 な学習効果		
1) 教師が指し示した先の情報は見やすかった	.569	.134	.225	.925	
2) 画面に表示されていた文字や図は見やすかった	.782	-.101	.093		
3) 教師が書いた文字や図は見やすかった	.591	.196	.202		
4) 教師が画面のどの部分を説明しているのか意識した	.560	.144	.163		
11) 教師が画面の情報を指し示したことは内容理解に役立った	.574	.082	.194		
12) 画面に表示されていた文字や図は内容理解に役立った	.951	-.072	-.134		
13) 教師が書いた文字や図は内容理解に役立った	.932	-.071	-.031		
6) 教師の動きを意識した	.080	.892	-.143		.936
7) 教師の視線を意識した	.011	.955	-.115		
8) 教師に親しみを感じた	-.223	.687	.459		
9) 教師は自分の反応を意識していた	-.031	.919	-.040		
10) 教師は自分の視線を意識していた	.034	.889	-.050		
5) 教師の話は自分に伝わった	.098	-.004	.833	.925	
15) 教師の説明に集中できた	-.070	-.030	.821		
21) 全体的に説明はわかりやすかった	.027	-.036	.848		
22) 全体的に内容は理解できた	.127	-.164	.761		
23) 全体的に説明に満足している	.115	.006	.846		
因子間相関	因子 1	因子 2	因子 3		
	因子 1	-			
	因子 2	.424	-		
	因子 3	.728	.499	-	

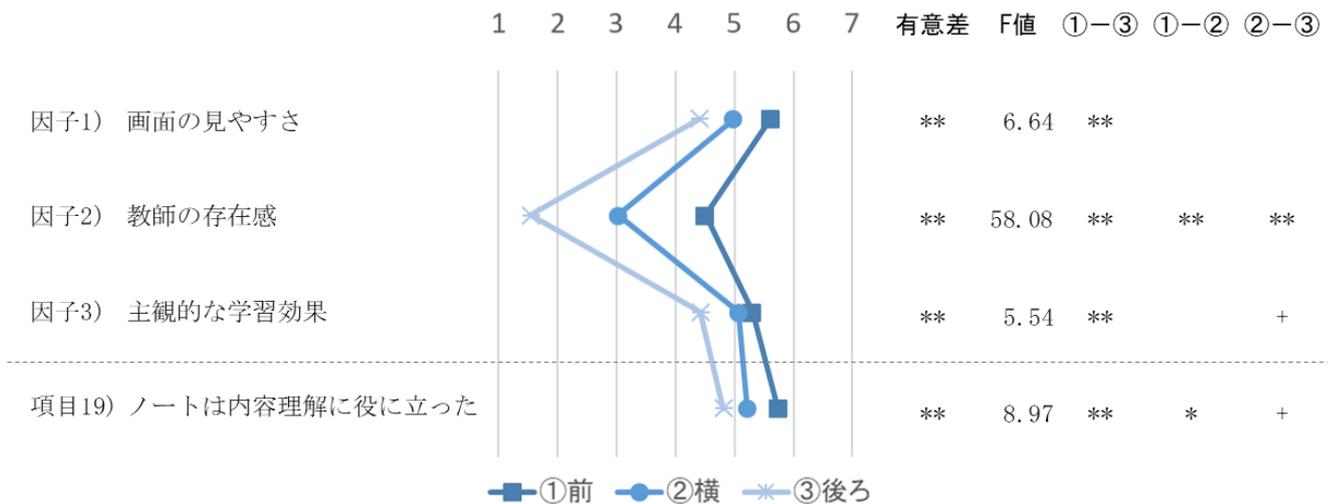


図4 各授業の平均および分散分析の結果

た授業の評価が最も低かった。多重比較の結果、因子2「教師の存在感」では①～③すべての授業の評価の間に有意な差が見られ、因子1「画面の見やすさ」および因子3では①と③の授業の評価の間のみ有意な差が見られた。

以上の分析結果は、アンケート各項目について分析した先行研究⁷⁾の結果と同じ傾向を示しており、因子分析による3因子の抽出は妥当であったと考えられる。

4.2 重回帰分析の結果

これらの3因子とノートテイキングに関わる項目(19)の因果関係を重回帰分析により検証し、モデルの作成を試みた。授業の目的として最終的に導きたいのは因子3「主観的な学習効果」であるため、まずはこれを目的変数とし、残りの因子1「画面の見やすさ」と因子2「教師の存在感」とノートテイキングに関わる項目(19)を説明変数とした分析を行った。結果、因子1および項目(19)からのパスが有意であり、因子2からのパスは有意ではなかった。次に、ノートテイキングに関わる項目(19)を目的変数とし、残りの因子1「画面の見やすさ」と因子2「教師の存在感」を説明変数とした分析を行った。結果、因子1からのパスのみ有意であった。最後に、因子1「画面の見やすさ」を目的変数とし、因子2「教師の存在感」を説明変数とした分析を行った。結果、有意なパスが見られた。以上の分析結果をまとめたものが、図5に示したパス図である。図中のパスの上の数値は標準偏回帰係数(β)と有意水準(* p<.05, ** p<.01)を表している。

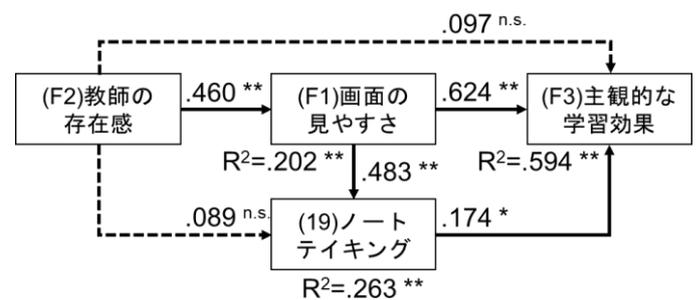


図5 授業全体での重回帰分析の結果

目的変数の下には重決定係数(R²)とモデル全体の有意水準を示している。なお、有意なパスについては実線の矢印で、有意ではなかったパスについては点線の矢印で示している。「主観的な学習効果」に直接関わっていたのは「画面の見やすさ」と「ノートテイキング」であった。また、「画面の見やすさ」は「ノートテイキング」にも関わっていた。「教師の存在感」は「画面の見やすさ」に関わっており、「主観的な学習効果」には間接的に関わっていたと考えられる。

この因果関係モデルに基づき、今度は条件①～③の授業ごとに同じ要領で重回帰分析を行い、モデルの検証を試みた。その結果を図6～8のパス図に示す。図5と同様、図中のパスの上の数値は標準偏回帰係数(β)と有意水準(** p<.01, * p<.05, + p<.10)を表している。目的変数の下には重決定係数(R²)とモデル全体の有意水準を示している。なお、図6～8においては、有意でなかったパスは省略している。

教師が前で説明した授業①では、「主観的な学習効果」には「画面の見やすさ」と「ノートテイキング」



図6 授業①における重回帰分析の結果

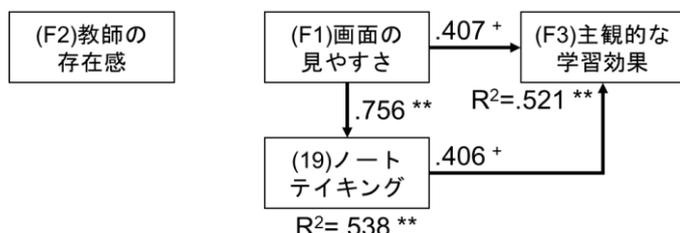


図7 授業②における重回帰分析の結果

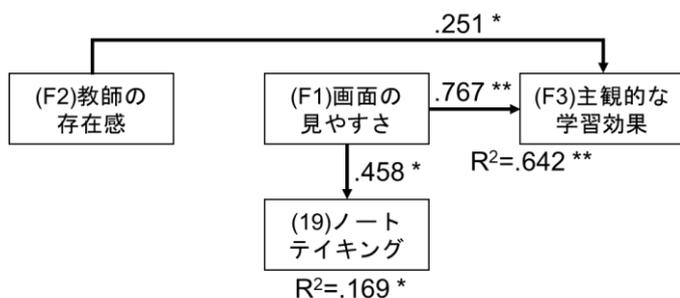


図8 授業③における重回帰分析の結果

が直接関わり、「教師の存在感」は「画面の見やすさ」を介して間接的に関わっていた点で、全体的なモデルと同じ傾向を示していた。しかし、「ノートテイキング」に「画面の見やすさ」は関わっていない点が異なっていた。

教師が横で説明した授業②では、「主観的な学習効果」には「画面の見やすさ」と「ノートテイキング」が直接関わり、「ノートテイキング」にも「画面の見やすさ」が関わっていた点は、全体的なモデルと同じ傾向を示していた。しかし、「教師の存在感」は「画面の見やすさ」に関わっていなかった。

教師が後ろで説明した授業③では、「主観的な学習効果」には「画面の見やすさ」が関わっていたが、「ノートテイキング」は関わっていなかった。むしろ「教師の存在感」が「主観的な学習効果」に直接関わっていた点が特徴的である。「ノートテイキング」に「画面の見やすさ」が関わっていた点は、全体的なモデルおよ

び②の授業と同様であった。

5. 考察とまとめ

5.1 示唆される知見

すべての授業後のアンケート結果を対象とした因子分析の結果、「画面の見やすさ」「教師の存在感」「主観的な学習効果」の3つの因子が抽出された。各因子の寄与率が高い項目の平均を代表値とし、条件①～③の授業ごとに平均を算出し、その差を分散分析で検証した結果、いずれも①教師が画面の前で説明した授業の評価が最も高く、次いで②教師が画面の横で説明した授業、③教師が画面の後ろで説明した授業の評価が最も低かった。この差は特に「教師の存在感」で顕著であった。この結果はアンケート各項目について分析した先行研究⁽⁷⁾の結果と同じ傾向を示しており、3因子の抽出は妥当であったと考えられる。

これらの3因子とノートテイキングに関わる項目の因果関係を重回帰分析により検証した結果、「主観的な学習効果」に直接的に関わっていたのは「画面の見やすさ」と「ノートテイキング」であり、「教師の存在感」は「画面の見やすさ」を介して間接的に関わっていた。存在感と学習効果が直接的ではなく間接的に関わっていることは多くの先行研究⁽⁵⁾⁽⁶⁾で示唆されており、本研究の結果もそれを支持している。

また、①～③の授業ごとに因果関係を重回帰分析により検証した結果、教師が画面の前に立って直接板書したり指し示したりできる授業①では「教師の存在感」が「画面の見やすさ」に関わっていたが、そうでない授業②および③では関わっていなかった。さらに、授業②および③では「画面の見やすさ」が「ノートテイキング」に関わっていたが、授業①ではそうでもなかった。これらの因果関係と授業①～③の評価の平均値の比較結果から、教師が電子黒板の前で直接板書したり指し示したりできる授業①では教師の存在感が高く、そのことが「画面の見やすさ」につながり、「主観的な学習効果」につながっていたと考えられる。一方で教師の存在感が低い授業②および③では、情報の提示方法を工夫し「画面の見やすさ」を直接向上させることでノートテイキングを促し、また「主観的な学習効果」につながられる可能性が示唆される。

なお、教師の姿が見えない授業③では、「ノートテイキング」と「主観的な学習効果」は関りがなく、むしろ「教師の存在感」が直接的に「主観的な学習効果」に関わっていた。この授業は教師からの視覚的な手掛かりがない大講義室や遠隔での授業を想定しており、こうした授業ではノートテイキングの効果を活かすことが難しいと示唆される。また、存在感の重要性はeラーニングなど対面ではない教育を対象とした研究において特に強調されており⁶⁾、本研究の結果もそれを支持しているのではないかと考えられる。

5.2 今後の課題

因子分析ではノートテイキングに関わる項目の共通性が低く、因子として抽出することはできなかった。先行研究⁸⁾の分析ではこれらの項目の間には条件①～③の授業によって異なる因果関係があることが示されており、これを本研究の因果関係モデルにどう組み込んでいくのが今後の課題である。

また、実際に受講者がノートしたワークシートという客観的資料の分析を行い、本研究で得られた受講者の主観的な評価の知見と照合する作業も必要になってくる。

さらに、本研究では分析対象としなかった理解度テストの結果とアンケートの結果を照らし合わせることで、今回の「主観的な学習効果」と実際の内容理解との関係についても検証していきたい。

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費助成事業（挑戦的萌芽研究，課題番号 16K12555）の援助を受けてい

ます。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 石川實：「黒板の文化史」，白嶺社，東京（1998）
- (2) 清水康隆：「電子黒板で授業が変わる」，高陵社書店，東京（2006）
- (3) 赤堀侃司（編）：「電子黒板・デジタル教材活用事例集」，教育開発研究所，東京（2011）
- (4) 電子黒板活用効果研究協議会：「電子黒板活用ガイド」，電子黒板活用効果研究協議会，東京（2008）
- (5) Garrison, D. R. and Anderson, T.: "E-Learning in the 21st Century", London and New York, Routledge Falmer (2003)
- (6) 佐藤弘毅，赤堀侃司：「電子化黒板に共有された情報への視線集中が受講者の存在感および学習の情意面に与える影響」，日本教育工学会論文誌，第 29 巻，第 4 号，pp.501-513（2005）
- (7) 佐藤弘毅：「電子黒板を用いた授業において「教師が見える」ことによる効果に関する実験的検討」，教育システム情報学会研究報告，第 31 巻，第 6 号，pp.75-82（2017）
- (8) 佐藤弘毅：「電子黒板を用いた授業において「教師が見える」ことがノートテイキングに及ぼす影響」，教育システム情報学会研究報告，第 33 巻，第 6 号，pp.93-100（2019）