

社会ネットワーク分析を用いて相互評価を 学習状況に応じて支援するシステムの開発と評価

間瀬 皓介^{*1}, 森本 康彦^{*1}, 宮寺 庸造^{*1}

^{*1} 東京学芸大学

Development and Evaluation of an Intelligent System for Supporting Peer Assessment by Using Social Network Analysis

Kosuke Mabuchi^{*1}, Yasuhiko Morimoto ^{*1}, Yozo Miyadera ^{*1}

^{*1} Tokyo Gakugei University

近年、社会構成主義に基づく学習・評価が求められている。このような学習として、相互評価が注目されており、学習動機を高めるといった効果が期待されている。しかし、相互評価において、たとえば、相互評価の対象が偏っているといった状況があり、相互評価を促進させるための支援が求められる。そこで、本研究では、相互評価を促進することを目的とする。具体的には、社会ネットワーク分析を用いた学習者の活動状況に応じた支援方法を提案した。そして、その方法に基づき相互評価を支援するシステムを開発し、その評価実験を行った。評価実験の結果、本システムを利用することで、相互評価を活性化できる可能性が示唆された。

キーワード: 相互評価, 相互評価支援システム, ラーニング・アナリティクス, 社会ネットワーク分析

1. はじめに

近年、社会構成主義に基づく学習・評価が求められている。このような学習・評価として、学習者同士で相互に学習プロセスや学習成果などについて評価しあう相互評価が注目されており、相互評価には、次のような効果が期待される⁽¹⁾。

- ・学習者をより自律的にさせ、学習動機を高める。
- ・他者からの意見は、単なる点数以上に学習者の内省を促進する。
- ・他者を評価することにより、他者の成果から学んだり、自己の内省を促したりすることができる。
- ・経歴が似た学習者同士からのフィードバックは理解しやすい。

このことから、相互評価は、学習を促進させるために重要な役割を担っていると考えられる。

しかし、相互評価を行う際、自分から行っていない状況や、特定の学習者に偏ってしまう状況があり、相

互評価が活性化されない傾向などがみられる。そのため、相互評価が促進されるように、学習者の学習状況を把握して、適切に支援することが必要であるが、教員などの支援者が、学習者ひとりひとりの学習状況を把握し、その状況に応じた適切な支援を行うことは困難が伴う。

相互評価を支援している研究として、たとえば、藤原らは、評価する相手を合理的に選択し、相互評価を容易にできるシステムを開発することで、より公平に相互評価を行えるように支援している⁽²⁾。金子らは、授業者の多様な授業方針に応じて、柔軟に対応可能なシステムを開発し、授業において、課題に対して評価することや、フィードバックを即時に行うことを支援している⁽³⁾。倉田らは、評価者がドラッグ&ドロップで簡単に返る機能を実装したシステムを開発し、モバイル端末によるビデオプレゼンテーションにおいて、簡単に相互評価できるように支援している⁽⁴⁾。

このように、評価を簡易的に行うための支援など、

相互評価の促進に向けた支援は行われてきているが、相互評価における学習状況に着目して、その状況に応じて支援している研究や事例は稀である。

一方、近年、学習者のあらゆる学びの記録（学習記録データ）を蓄積、分析して学習支援に生かす取組として、ラーニング・アナリティクス（以下、LA）が注目されている。LAとは、「学習状況を把握し最適化させるために、学習者とそれを取りまく文脈に関わるデータを測定、収集、分析、報告する方法」であり⁽⁶⁾、LAを活用して、学習状況を適切な形で学習者に可視化することで、学習者の学びを支援することなどが可能になる⁽⁶⁾。

以上より、LAを活用して、相互評価における学習者の学習状況を、学習者に上手く可視化することで、相互評価を促進することができるようになることを考えた。

そこで、本研究では、相互評価を促進することを目的とする。具体的には、社会ネットワーク分析を用いた学習者の活動状況に応じた支援方法を提案し、その方法に基づき相互評価を支援するシステムを開発した。そして、その評価実験を行った⁽⁷⁾。

本論文では、本システムが相互評価に与えた効果について検証する。

2. 研究のアプローチ

本研究の目的を達成するための要件として、以下の2点を満たすことが求められる。

要件①：相互評価において、学習者ひとりひとりに対し、学習者の活動状況に応じて適切な支援を行うことができる。

要件②：学習者に応じた支援が行われることで、相互評価を活性化することができる。

上記の要件を満たすために、組織内のコミュニケーションなどの様々な関係構造を定量的に評価する手法である社会ネットワーク分析⁽⁸⁾に着目する。社会ネットワーク分析を活用することで、誰が誰にコミュニケーションを行ったかを示すログデータから、学習者の活動状況などを把握することが可能になる⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。

そこで、本研究では、誰が誰にどのくらい相互評価を行ったかの関係を、相互評価の回数を重みとするネットワーク構造として捉え、社会ネットワーク分析に

よって分析することで、活動状況を測定する。そして、その測定結果から、支援が必要な状況を特定し、適切な支援を自動的に行うことを目指す。これにより、学習者が相互評価を行う際、その状況に応じた支援を行うことができ、学習者は、積極的に相互評価を行うようになると考えられ、要件①、②の達成が期待される。

3. 社会ネットワーク分析を用いた学習者個人に応じた支援方法の提案

3.1 支援が必要な学習者の活動状況の分類

相互評価において学習者の活動状況は、それぞれ異なると考えられる。そのため、過去のA大学における教育のICT活用に関する授業における相互評価活動3件から支援が必要な学習者の活動状況を抽出し、分類した。その結果、以下の活動状況が明らかになった。

状況1) 相互評価活動において孤立している状況
状況2) 相互評価を極端に行っていない状況
状況3) 相互評価が特定の学習者やグループに偏っている状況

状況4) 相互評価を極端に受けていない状況

これらの状況のうち、状況4)については、相互評価における偏りが解消され、相互評価が活発に行われることで、改善されると考えたため、本研究では、状況1)から状況3)を自動的に特定し、その状況に適した支援を行うことを目指す。

3.2 相互評価の活動状況を把握するための社会ネットワーク分析における評価指標の検討

本研究では、一般的に、社会ネットワーク分析で用いられる指標のうち、3.1の状況1)から状況3)を特定するため、相互評価がどのくらい行われているかを把握することができると考えられる「次数中心性」、相互評価が特定の学習者やグループへ偏っているかを把握することができると考えられる「媒介中心性」に着目した。また、相互評価において、全体的な状況や学習者間の関係性を把握するため、学習グループの構成状況を把握することができると考えられる「凝集性」に着目することにした（表1）。

3.3 学習者個人に応じた支援方法の提案

3.2で決定した指標の閾値や条件を暫定的に設け、

表1 相互評価の活動状況を把握するための指標

指標		活動状況
次数 中心性	入次数	ピア・アセスメントを多くされた学習者、あまりされなかった学習者を抽出することができる
	出次数	ピア・アセスメントを多く行っている学習者、あまり行っていない学習者を抽出することができる
媒介中心性		複数のグループに対してピア・アセスメントを行っている、されている学習者または、行っていない、されていない学習者を抽出することができる
凝集性		ピア・アセスメントの学習コミュニティを抽出することができる

表2 学習者個人に応じた支援方法

支援が必要な学習者の状況	指標とその閾値および条件	支援
相互評価活動において、孤立している	入次数 = 0 かつ 出次数 = 0	① 相互評価を行うように促す
相互評価を極端に行っていない	出次数 < 出次数の平均値/2	② 凝集性に基づき学習グループ内のメンバーに対して、相互評価を行うように促す
相互評価が特定の学習者、グループに偏っている	媒介中心性 < 媒介中心性の平均値/2	③ 凝集性に基づき他の学習グループ内の学習者へ相互評価を行うように促す

3.1 で明らかにした支援が必要な学習者を特定し、その状況に適した支援の方法について提案した。具体的には、「支援が必要な学習者」を、どの「社会ネットワーク分析の指標」で、どの「閾値や条件」によって特定し、特定した「学習者の状況」に応じた適切な「支援」は何かを軸に、検討、対応づけを行った（表2）。ここで、提案した支援方法において、支援が必要な学習者を特定する条件が重複していた場合、支援①から順に、優先的に提供される。

4. 支援方法のシミュレーション

4.1 シミュレーションの概要

3章で提案した支援方法の有効性を明らかにするため、実践を通して、手作業により、支援方法のシミュレーションを行った。実践は、A大学における「授業におけるICT活用」の講義で行い、対象は、その受講者29名とした。

本実践では、支援が提供される順番を踏まえ、支援①の実践（実践1）、支援②の実践（実践2）、支援③の実践（実践3）の順に行った。以下に、支援方法のシミュレーションの手順を示す。

- 1) 学習者同士で自由に相互評価を行ってもらう。
 - 2) Rのパッケージigraphを用いて、社会ネットワーク分析を用いて、表1の各指標の値の算出を行う。
 - 3) 2)で算出された値から表2の方法に基づき、支援が必要な学習者を特定し、その学習者の状況に応じたメッセージを支援として提供する。なお、このメッセージは、eメールで提供する。
- 実践1に関して、学習者が自由に相互評価を行った

後、算出した各指標の値に着目すると、入次数が0かつ出次数が0の学習者が29人中2名確認された（表3）。したがって、表2の方法に基づき、「相互評価を行ってはどうですか」という内容のメッセージを支援①として提供した。提供後、期間をおき、算出した各指標の値を表4に示す。

実践2に関して、実践1の後、算出した各指標の値に着目すると、出次数が平均値の1/2未満（平均値 = 3.66）の学習者が29人中4名確認された（表5）。したがって、表2の方法に基づき、「同じグループや自分が相互を受けた相手に、相互評価してみようかどうか」という内容のメッセージを支援②として提供した。提供後、期間をおき、算出した各指標の値を表6に示す。

実践3に関して実践2の後、算出した各指標の値に着目すると、媒介中心性が平均値の1/2未満（平均値 = 8.76）の学習者が29人中21名確認された。表7（一部抜粋）に各指標の値を示す。したがって、表2の方法に基づき、「他の学習グループに所属する学習者相互評価をしてみようかどうか」という内容のメッセージを支援③として提供した。提供後、期間をおき、算出した各指標の値を表8（一部抜粋）に示す。

4.2 結果と考察

実践1について、支援①の提供前（表3）と提供後（表4）を比較すると、支援①を提供した2人とも、出次数の値の上昇が認められ、相互評価活動における孤立状態が解消された。つまり、支援①が有効に働いたと考えられる。

実践2について、支援②の提供前（表5）と提供後（表6）を比較すると、支援②を提供した4人とも、出次数の値の上昇が認められ、以前より相互評価が活発になった。つまり、支援②が有効に働いたと考えられる。

実践3について、支援③の提供前（表7）と提供後（表8）を比較すると、支援③を提供した21人中16名の媒介中心性の値の上昇が認められ、相互評価の偏りが解消された。つまり、支援③が有効に働いたと考えられる。

以上の結果から、相互評価において、学習者のひとりひとりの活動状況に応じて支援する枠組みが確立で

表 3 支援①提供前の各指標の値

ID	入次数	出次数	媒介中心性	凝集性
22	0	0	0.00	6
25	0	0	0.00	7

表 4 支援①提供後の各指標の値

ID	入次数	出次数	媒介中心性	凝集性
22	2	2	0.00	4
25	2	1	0.00	1

表 5 支援②提供前の各指標の値

ID	入次数	出次数	媒介中心性	凝集性
1	3	1	0.00	1
9	2	0	0.00	1
24	3	1	0.00	1
25	2	1	0.00	1

表 6 支援②提供後の各指標の値

ID	入次数	出次数	媒介中心性	凝集性
1	4	2	0.00	1
9	2	1	0.00	1
24	3	3	0.00	1
25	3	2	0.00	1

表 7 支援③提供前の各指標の値 (一部抜粋)

ID	入次数	出次数	媒介中心性	凝集性
1	4	2	0.00	1
2	2	2	0.00	1
5	4	5	0.00	2

表 8 支援④提供後の各指標の値 (一部抜粋)

ID	入次数	出次数	媒介中心性	凝集性
1	5	2	60.83	1
2	4	2	30.37	1
5	4	6	3.73	2

きたと考えられ、要件①が達成されたと考えられる。

5. 相互評価システムの開発⁽⁷⁾

5.1 開発の概要

本研究では、表 2 の支援方法に基づき、学習状況に応じてメッセージを表示するシステムを Web アプリケーションとして開発した。インターフェースは HTML, CSS, JavaScript, エンジンには Java, 社会ネットワーク分析を行う演算部は R のパッケージ igraph, データベースは MySQL を用いて開発した。

5.2 相互評価システムの機能

開発したシステムの機能について、以下に示す。

機能 1 : 学習記録蓄積機能

学習者は、学習過程で生成された成果物などの学習記録を蓄積することができる。加えて、学習過程において記録された振り返りの記録をコメントとして入力することができる。

機能 2 : 相互評価機能

学習者は、相互評価を行う相手を選択し、選択した相手が機能 1 により蓄積した学習記録を確認しながら、学習プロセスや学習成果に対するコメントをテキスト

として入力できる。また、自分が受けたコメントも確認することができる。ここで、システム上では、どの学習者がどの学習者に対して、どのくらい相互評価を行ったかをログデータとして蓄積する。

機能 3 : 相互評価支援機能

学習者が相互評価の対象を選択する際に、表 2 の方法に基づき支援を行う。具体的には、機能 2 により得られたログデータから、社会ネットワーク分析に基づき各指標の値を算出する。算出された値から、支援が必要な学習者を特定する。次に、特定した学習者の状況に応じた支援として、表 2 の方法に基づくメッセージを学習者に可視化する。加えて、学習者が相互評価における学習者間の関係を俯瞰的に把握できるようにするため、その関係を、ネットワーク図を用いて可視化する。ここで、各頂点は学習者を示し、有向辺は誰が誰に対して相互評価を行ったかを示す (図 1)。

機能 1 から機能 3 により、学習者個人に応じて支援でき、学習者は、相互評価における指針を得て、自ら進んで相互評価を行うようになることが考えられ、要件②の達成が期待される。



図 1 相互評価の支援を行う画面

6. 開発したシステムを用いた評価実験

6.1 評価実験の概要

評価実験は、A 大学の大学生、大学院生 20 名対象に行い、5.2 の機能 3 を用いた場合で事前実験、用いない場合で事後実験を行った。期間は、事前実験を 2018 年 8 月 7 日から 2018 年 8 月 17 日までの 10 日間とし、事後実験を 2018 年 8 月 19 日から 2018 年 8 月 29 日までの 10 日間とした。

実践において、学習者は 1) から 3) を繰り返し行う。

1) 学習者は、レポート課題に取り組み、作成したレ

表 9 質問紙調査の結果

観点	項目	事前		事後		t 値
		M	SD	M	SD	
自律性	1. 課題に取り組むとき、その質を高めるところまでやり抜くことは大切だと思う。	4.60	0.60	3.75	0.56	5.10**
	2. 課題に取り組むとき、自ら進んで取り組むことは大切だと思う。	4.55	0.51	3.90	0.91	3.32**
	3. 課題に取り組むとき、自分で考えることは大切だと思う。	4.20	0.62	3.95	0.69	1.31
	4. 学んだことについて、自ら関連する知識や情報を調べることは大切だと思う。	4.50	0.51	3.70	1.03	3.39**
振り返り	5. 自分の考えを深めるために、自分が作成したレポートに対して他人から意見をもらうことは大切だと思う。	4.80	0.41	3.85	0.93	4.25**
	6. 自分の考えを深めるために、自分が作成したレポートに対して仲の良い友人だけでなく、なるべく多くの人から意見をもらうことは大切だと思う。	4.80	0.52	3.65	0.81	4.72**
	7. 新たな気づきや発見を得るために、他人が作成したレポートを見ることは大切だと思う。	4.65	0.49	3.60	0.94	4.97**
	8. 新たな気づきや発見を得るために、仲の良い友人だけでなく、なるべく多くの人が作成したレポートを見ることは大切だと思う。	4.65	0.59	3.70	0.87	4.50**
他者から学ぶ意識	9. 自分が作成したレポートをよりよくするために、他人が書いたレポートを見ることは大切だと思う。	4.55	0.69	3.85	0.99	3.91**
	10. 自分が作成したレポートをよりよくするために、他人の意見を取り入れることは大切だと思う。	4.70	0.58	3.90	0.85	4.30**
	11. 自分が作成したレポートをよりよくするために、仲の良い友人だけでなく、なるべく多くの人が書いたレポートを見ることは大切だと思う。	4.60	0.50	3.50	0.89	5.77**
	12. 自分が作成したレポートをよりよくするために、仲の良い友人だけでなく、なるべく多くの人々の意見を取り入れることは大切だと思う。	4.55	0.60	3.75	0.85	4.00**

* $p < .05$, ** $p < .01$

ポートを蓄積する。

- 2) 1)で作成したレポートに対して、学習者同士で相互評価を行う。
- 3) 学習者は、2)で自分が受けた相互評価を参考にし、レポートを改善する。

なお、事前実験においては、2)で相互評価の対象を選択する際に、5.2の機能3により、学習者に応じたメッセージと学習者間における関係図を表示し(図1)、事後実験においては、これらを表示しないこととした。

6.2 評価方法

本システムの有効性を評価するため、相互評価の活動状況の分析と事前・事後で共通の質問紙調査を行う。

相互評価の活動状況の分析では、学習者の相互評価の件数と、相互評価における学習者間の関係を確認・調査した。また、質問紙の質問項目は、学習者が相互評価を行った際の効果を参考に、「主体性・自律性(4項目)」、「振り返り(4項目)」、「他者から学ぶ意識(4項目)」の計12項目を、5件法(5が高い)で作成した。加えて、事後の質問紙調査において、「実践を通して感じたこと」について自由記述での回答を求めた。

6.3 結果

6.3.1 相互評価の活動状況

事前実験後と事後実験後の相互評価の件数に着目すると、事前実験では、87件、事後実験では、41件が記録され、相互評価がより多く行われていることが確認された。学習者間の関係について比較すると、事前実験において、相互評価活動において、一度も相互評価

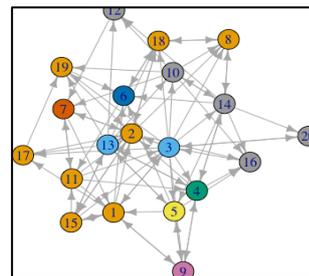


図 2 事前実験後

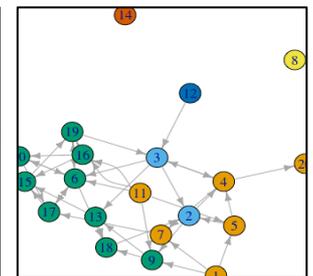


図 3 事後実験後

を行っていない/されていない学習者がいない状況、偏りが少ない状況が確認された。図2、図3に事前と事後における学習者の関係図を示す。

6.3.2 質問紙調査

事前、事後で共通の質問紙調査の結果を、t検定(対応あり)で分析した結果、12項目中11項目で有意差が認められ、全ての項目で事後よりも事前の方が、平均値が高いことが明らかになった(表9)。

「主体性・自律性」に関して、4項目中3項目で有意差が認められた。このことから、本システムを利用することで、課題に取り組む際、その質を高めるところまでやり抜くようになる、自ら進んで取り組むなど、学習者が学習に主体的に取り組む可能性が示唆された。

「振り返り」に関して、全項目で有意差が認められた。このことから、本システムを利用することで、自らの考えを深めるなど、学習者の内省を促す可能性が示唆された。

「他者から学ぶ意識」に関して、全項目で有意差が認められた。このことから、本システムを利用することで、学習者が他者の成果から学ぶ、他者の意見を取り入れるようになど、より他者と学び合う可能性が示唆された。

7. 考察

相互評価の活動状況の分析と質問紙調査の結果と、事後において回答が得られた自由記述を踏まえ、本システムが相互評価に与えた効果を検証する。

質問紙調査で得られた自由記述において、「メッセージにより相互評価を行うきっかけになる」、「支援により、相互評価を積極的にしようと思った」、「自分に対して相互評価をした人や、相互評価が多く集まっている人に対しては、自分からも相互評価してみようと言う気持ちになった」などの相互評価をする際のモチベーションに関する記述が得られた。これらの回答は、項目 5($t(19)=4.25, p<.01$), 7($t(19)=4.97, p<.01$), 9($t(19)=3.91, p<.05$), 10($t(19)=4.30, p<.01$)で、事後よりも事前の方が、平均値が有意に高いことを裏付けている。さらに、これらの質問紙調査と自由記述の結果は、7.2の事前実験の相互評価活動において、より多く相互評価が行われている状況や、一度も相互評価を行っていない状況が確認できたことを支持している。

また、質問紙調査で得られた自由記述において、「支援あることで、誰に相互評価すべき考えやすかった」、「相互評価が来てない人を相手に選択するなど、相互評価の相手を選択するときに役立った」、「自分と関係あると判断された人に相互評価しようと思った」などの、相互評価の対象の選択に関する記述が得られた。これらの回答は、項目 6($t(19)=4.72, p<.01$), 8($t(19)=4.50, p<.01$), 11($t(19)=5.77, p<.01$), 12($t(19)=4.00, p<.01$)で、事後よりも事前の方が、平均値が有意に高いことを裏付けている。さらに、これらの質問紙調査と自由記述の結果は、7.2の事前実験の相互評価活動において、偏りが少ない状況や、相互評価を受けていない学習者がいない状況が確認されたことを支持している。

以上より、5.2の機能3により支援が行われることで、相互評価が活性化されたことがうかがえ、要件②が達成されたと考えられる。

8. おわりに

本研究では、学習者の相互評価を促進させることを目的に、社会ネットワーク分析を活用して学習者の活動状況に応じて相互評価を支援するシステムを開発し、

評価実験を行った。その結果、本システムを利用することで、相互評価を支援できる可能性が示唆された。

今後は、開発したシステムを実際の授業等で継続的に実践し、本システムの妥当性や教育的効果、及び、本システムの活用方法について検証していきたい。

謝辞

本研究の一部は、科研費(17K01074), (15H01772)の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 植野真臣: “知識社会における e ラーニング”, 培風館, pp.140 (2007)
- (2) 藤原康宏, 大西仁, 加藤浩: “公平な相互評価のための評価支援システムの開発と評価-学習成果物を相互評価する場合に評価者の選択で生じる「お互い様効果」-”, 日本教育工学会論文誌, Vol31(2), pp.125-134 (2007)
- (3) 金子大輔, 登リ口泰久: “相互評価やグループ学習を支援するシステムの開発と基礎的情報教育での利用”, Vol31(Suppl.), pp.33-36, (2007)
- (4) 倉田伸, 藤木卓, 室田真男: “携帯型モバイル端末によるビデオプレゼンテーション相互評価支援システムの開発”, 日本教育工学会論文誌, Vol41(Suppl.), pp.201-204 (2017)
- (5) About the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge. <https://tekri.athabasca.ca/analytics/> (2019年1月30日確認)。
- (6) 森本康彦: “学習履歴/学習記録を活用した教育の今とこれから-期待される「eポートフォリオ/学習記録データ」の活用とは-”, 学習情報研究, Vol. 5, pp.38-43 (2018)
- (7) 間瀬皓介, 森本康彦, 宮寺庸造: “社会ネットワーク分析に基づくピア・アセスメント活動の評価”, 情報処理学会研究報告, Vol26, No13 (2018)
- (8) International Network for Social Network Analysis. <https://www.insna.org/> (2019年1月30日確認)
- (9) Rosen, D., and Miagakikh, V., and Suthers, D.: “Social and semantic network analysis of chat logs ” Proceeding of the 1st International Confererce on Learning Analytics and Knowledge (2011)
- (10) Chris, T., and Nobuko, F., and Ravi, K.: “Generating Predictive Models of Learner Community Dynamics” Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge (2011)