

自律的なグループ形成を活用する教育支援システムの有効性と評価

青木 収 大木 幹雄

日本工業大学 情報工学科

〒345-8501 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台 4-1

Tel. 0480-34-4111 / e-mail shu@nit.ac.jp

あらまし 工科系大学のカリキュラムにおける実験授業は、カリキュラム上重要な要素となっている。しかしながら、実験授業の実施には、特別な実験設備の導入や適切なテキストの作成などの準備作業に加え、実験を円滑に運営するために教員に多大の負担が掛かる。そこで教員側の負担を軽減する方法として、学生同士が相互にコミュニケーションを行いながら自律的にグループを形成し、課題解決の協調行動がとれるような実験・演習講義支援システム Web experiment lecture support system (WELSS) を開発した。このシステムを実際の実験授業に適用し、学生がどのように協調して実験授業における課題解決を行っているかを調査した。その結果、解答にいち早く達した学生とスポークスマン的な役割をもつ学生とが協調的な関係を形成し、他の学生へアドバイスを与える行動が授業全体に効果的であることについて報告する。

キーワード 教育支援、WWW、学生実験、グループ形成、ネットワーク利用

The effectiveness and evaluation of education support system that utilizes autonomous group formation.

Shu Aoki Mikio Ohki

Computer and Information Engineering

Nippon Institute of Technology

Gakuidai 4-1, Miyashiro Minami-Saitama, Saitama, 345-8501, Japan

Tel.0480-34-4111 / e-mail shu@nit.ac.jp

Abstract Student experiment in a curriculum of Engineering Department University is an important subject. However, the preparation of special experiment facilities and appropriate text are necessary for the enforcement of a student experiment class. Furthermore, such human burden that manages an experiment class becomes a big problem. Then, we developed "Web experiment lecture support system : WELSS" as a method to reduce a human burden to affect this class administration. We applied this system in real experiment class, and collected data what kind of effect the autonomous group formation brought in experiment class. This paper expresses about the effectiveness of WELSS from the experiment result.

key words education support system, WWW, student experiment, group formation, network application

1. はじめに

工科大学のカリキュラムにおける学生実験科目は、机上の学習と違って、実践的な技術や理論を定着させ、より発展的な知識の誘引を促すものとしてカリキュラム上重要な要素となっている。しかしながら、学生実験科目の実施には、通常の教室で行う授業と異なり、特別な実験設備の導入や適切なテキストの作成などの準備作業に加え、実験授業を運営するために教員の負担が増大することが問題となる。

そこで授業運営に関わる教員の負担を最小にする方法として、学生をいくつかのグループに分け、同一テーマを一斉に行う実験授業方式が採用されることになる。この方式においては、通常の教室で行う講義と同様に、1人の教員で理論や技術の講義を行うことができるので効率的である。しかし現実には学生からの質問や種々トラブル等が続発するため、少ない教員で行うことは不可能に近い。

そこで筆者らは、ネットワークを有効に利用して効率的な実験授業運営を可能にする実験・演習講義支援システム^{[1][2][3]} (Web experiment lecture support system : 以後 WELSS と記す) を開発した。このシステムは、学生同士が相互にコミュニケーションを行いながら自律的にグループを形成し、課題解決の協調行動がとれるような機能を備えている。

以下では、まず WELSS を実際の実験授業に適用した結果をもとに、自律的に形成されたグループの形成過程について述べる。次に WELSS の概要について紹介した後、グループ形成の過程を解明するデータの収集方法について述べる。これは分散協調環境におけるグループ形成過程^[4]のモデル化に必要な基礎データ収集も兼ねている。次いでグループ形成の結果と情報の流れについて分析した結果について述べた後、さらに詳細に課題解決の協調行動を明らかにするために必要なデータ収集方法の改善策等について述べる。

2. 人的負担を軽減する実験授業の運営方法

2.1 実験授業における問題点

実験授業の運営には、学生からの質問に対する回答処理や種々トラブル対策等、教員側に多大の負担を伴う。この負担の最も大きなものは、学生の状況

把握と適切な指導および学生からの質問に対する回答処理である。

実験中に学生から質問や疑問が教員に対して発せられることは当然であり、技術や理論の真髄を理解し、知識として定着させるためには欠くことのできない行為である。しかし、負担の大きさゆえに学生が疑問をもちそうな点をあらかじめ教材に記してしまうことが行われる。この行為は実験を円滑に運営するためには有効な手段であるが、知識の獲得という面に対しては得策ではない。学生に実験課題に対する疑問を喚起し、その疑問を解決のために思考を巡らせるような教材にすると、初歩的な質問を発するようになり、教員の負担が増大することになってしまうのでトレードオフが発生する。

2.2 情報交換による問題解決

通常の実験や演習では、かぎられた範囲のグループあるいは個人単位で課題を課せられる場合が多い。この場合、問題をいち早く解決したグループや個人が出ると、他の学生はそれらの結果をコピーし、ほとんど思考を巡らすことなく課題を終了してしまうことが多い。このような行為を防ぐ方法として、次のような方法が考えられる。

- (1) グループ毎に異なった実験・演習課題を課す。
- (2) 実験・演習課題の内容は同じでも実験の数値等をグループ毎に変え、異なった結果が得られるようにする。

課題が別々であるならば、グループ内だけで疑問に対する思考を巡らすのではなく、積極的に他のグループとの情報交換を行なわせるようにする。このようにすると、課題を解決したグループにとっては、解決してない他のグループに課題の根本を理解して説明をしなければならぬ点で、より深い理解を促すことができる。この情報交換は、優秀な学生をいわばTA (Teaching Assistant) の代用として活用できることから、教員の負荷軽減にもつながる等の利点が生じる。

従来の紙のメディア主体でこのようなことを実施することはほとんど不可能であったが、WELSS の適用によって容易に実現可能となった。

2.3 情報交換の環境

学生が課題に対して協調し、周囲のグループと活発な情報交換を促すための環境として、自由なグループ（実験班）の結成、自由な席の選択ができなければならない。通常、実験の授業においては、管理上あらかじめ準備した班構成や席の指定を行うが、WELSS では毎回自由に変更できる環境を提供する。

自由グループ・自由席となると私語の増加が懸念されるので、課題の完了に対する圧力を課す。例えば、実験当日の課題が時間内に終了できない場合は、居残り実験を課し、さらに終了できない場合は追実験などによる課題の完全遂行を促す。この方式を徹底すると、実験中にサボっている学生はいなくなる。しかし、この方式の完全な実施には教員の努力が必要となり負荷の増大につながる。

WELSS では各グループの進行状況を提示することにより、難解な問題に対する学生の協調的な課題解決や解決につながる情報収集の範囲拡大が図れるようになる。また、競争意識を起こさせ、実験に対する意識の集中を促す。

これらの WELSS がもつ支援機能を使った実験授業形態をまとめると次のようになる。

- ① 別々な課題の提示
- ② 自由な情報交換の許可
- ③ 自由なグループ結成と自由席の提供
- ④ 課題の完全遂行
- ⑤ 各グループの進行状況の提示

これらの機能は、ネットワーク上での協調的な作業支援環境にも共通するものを含んでいる。

3. 自然発生的なグループの形成過程

上述の「③自由なグループ結成と自由席の提供」は、自然発生的なグループ形成を促すものとして期待される。まず、最初にグループを結成するのは最も仲の良いもの同士である。こうして結成されたグループにおいては、互いに十分なコミュニケーションを交わすことができ、問題解決に対して積極的なアプローチが行われることが期待できる。さらにグループ同士の仲間が近くに寄り集まることが予想され、1つのグループ内で解決できない問題は、ほかのグループからの情報を取り入れて解決しよう試みる。ここでお互いの持っている情報をグループ間で

交換して、発展的に問題を解決する場合や、一方的に1つのグループから他方のグループへの情報の流れが生ずる場合などが起こりうると推定される。

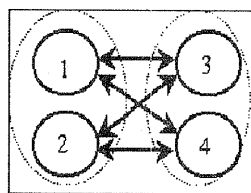


図1 有効な情報の流れ

図1は2人づつのほぼ同程度の知識を持った個人が集まったグループ間の有効な情報の流れを示している。この図において数字はグループを構成する個人であり、各々が有効な情報を出しあってお互いの思考の誤りや欠落を補完し合いながら、全体としてのレベルが向上する方向にうまく働いている状態である。

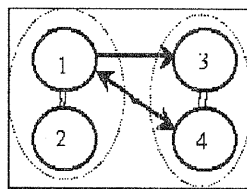


図2 有効な情報の流れ

このような流れがある場合は、問題解決に向かって非常に良好な環境が成立していると考えられ、全体のレベルアップが期待できる。

しかし、実際に構成されるグループは、多かれ少なかれ個人のレベルに差があり、ある程度は一方的な情報の流れが生じてしまうことが予想される。つまり図2のように1が主体となって情報の提供を行い、1と4はある程度情報の授受が可能な状態であるが、3は情報をもらうだけ、2は1に従うだけになってしまった場合を示している。このように個人の自由な意思によってグループが作られた場合においても、結果的にできるグループの形態は種々多様なものになることが推測される。さらに図2の形態において、1の能力が飛びぬけたものであるならば、4との情報の授受は消滅し、1から一方的に情報が流れるという形態になってしまう。こうなると1のレベル以上にこのグループは発展できないことになり、思考が硬直してしまう可能性が高くなる。

さらにもっと多くのグループが互いにコミュニケーションを行えば、その中にリーダー的な存在が生まれてくる。そして有効な情報の流れは、リーダーから他のメンバーへの一方的な傾向が強くなってし

まうことが予想される。

図3は1がリーダーとなってグループに情報が流れている様子を示している。この流れを良く見ると、1は6～9のリーダー的な存在であって、2は3～6のリーダー的な存在、3は10～15のリーダー的な存在と見ることができる。つまり大きなコミュニティを形成するためには、小さなグループのリーダー的な存在が、仲介役を担って、全体としてのリンクがうまく取れた状態であるとう見ることができる。このようなリーダーが出てくると、活発な情報交換はむしろ抑制され、情報を受け取る一方のグループが多く存在するようになる。そして、このリーダーが解くことができない問題にぶつかると、そこで情報交換が硬直化してしまい発展が望めなくなってしまう可能性がある。

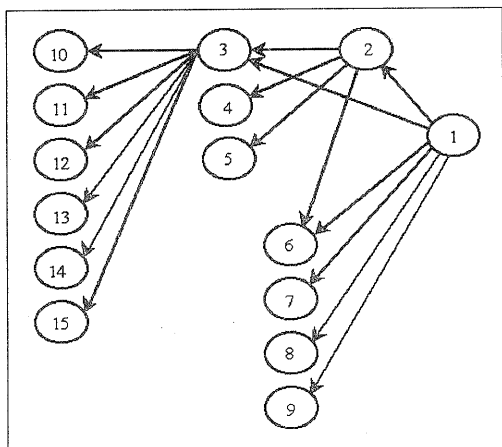


図3 リーダーからの情報の流れ

そこで本論で扱う自律的なグループ形成は、固定的なコミュニティの存在を促すのではなく、動的なグループ形成が可能のように種々の情報を与えて、誰でもが情報発信のリーダーになれる可能性を提供し、それらがどのような状態にあるときに最も実験授業が効率的になるかに焦点を当てている。

4. WELSS の概要^[3]

WELSS の主要な機能は、Web サーバである Microsoft Internet Information Server (IIS) とサーバ上で動的なページを生成する CGI プログラムおよび学生側の Web ブラウザである Microsoft

Internet Explorer 3.02 (以後 IE) で実現される。

図4に示すネットワーク構成のように、実験室にはクライアントPCが41台あり、OSにはWindows NT4.0を使用している。このシステムではWebサーバが核となつて、ドメインサーバのファイル情報を提供したり、UNIX メールサーバとの連携による個人認証を行ったり種々の機能を実現している。

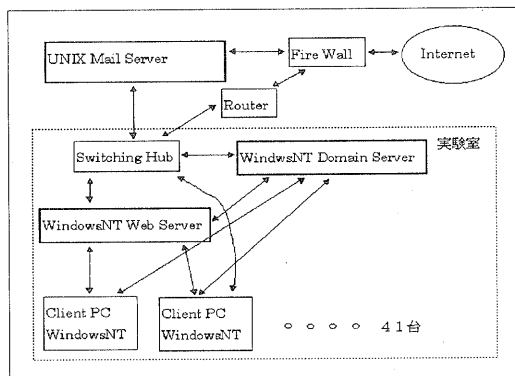


図4 実験室のネットワーク構成

クライアントのブラウザであるIEのActiveX技術を利用することにより、学生はWebページのリンクからローカルプログラムを起動したり、実験に必要な最新プログラムをサーバから自動的にインストールしたりすることもできる。また、通常のWebブラウザからは、クライアント側の情報を得ることはほとんどできないが、ActiveXで配布するLANを利用したアプリケーションプログラムを併用することによりサーバ側でローカル情報を取得することもできる。実験科目では個人アカウントを使用せず、実験テーブル固有のグループアカウントでWindows NTドメインにログオンしてPCを使用する。動的な実験テキストの閲覧や種々の情報登録は、IEを使用してWebサーバにアクセスすることだけで簡単に利用可能となっている。

次にWELSSの主要な機能を列挙する。

① 出席登録機能

メールアドレスとパスワードをWebサーバに送らせ、WebサーバからUNIXメールサーバへの照会を経て個人認証を行う。また、座席表、遅刻、欠席情報も公開する。

② 個別教材提示機能

出席情報をもとに各班に対する個別情報の提示を行う機能である。

③ ヒント提示機能

あらかじめ用意しておいたヒントの提示を、学生の状況に応じて教員が制御するものである。

④ 実験進行状況の表示機能

実験中の各班の進行状況を公開することにより、学生間の情報交換の活発化を促すものである。

⑤ レポート提出／確認機能

ActiveX アプリケーションにより、レポートとして作成したローカルファイルを選択し、ドメインサーバに送る機能を提供する。また提出したレポートの確認のため、Web ページに提出されたファイル、実験者名、提出時間等の一覧情報を公開する。

⑥ アンケート集計機能

⑦ 電子掲示板

5. グループ形成過程に関するデータの収集方法

今回、自律的なグループ形成に関するデータを収集するため、実験科目である「論理設計実験」を選定し、半期間（平成10年4月～7月）の実験授業を通じてデータの収集を試みた。この論理設計実験は情報工学科の3年生が履修する必修科目で週3コマ、2単位である。講義内容は、CADソフトを使った論理回路設計で、回路図ベースの設計から言語による回路設計、計算機基本回路の設計、シーケンサ設計、CPU設計に至るまでの積み重ね形実験科目である。また、CAD上のシミュレーション実習だけではなく、実際のハードウェアに設計データをダウンロードして、ハードウェア上で動作できる回路設計を行うことを前提とした科目である。

実験の初回には学籍番号であらかじめ指定した座席／班に学生を座らせ、次回以降に行う実験内容の説明、WELSS の機能と使用方法、自由席の適用などの説明を行った。なお、実験室には40台の実験テーブルがあり、履修者は70名程度なので班は原則2人で構成し、テーブルが空いている場合に限り1人で行ってもよいことにした。

実験の1回目から10回目まではオンラインでテ

キストを提供し、11、12回は最終課題作成（オリジナルCPUに独自の命令をインプリメントするため資料をプリントで配布して実験を行った。今回収集解析の対象として取り扱ったデータは、各班の構成者の変更履歴、座席の移動履歴、有効なアドバイス情報をもたらした場合の報告情報、アンケートによる課題の難易度などの項目である。

6. グループ形成結果と情報の流れ

6.1 班構成員の変動と班の場所の移動

まずグループ構成がどのように安定して行ったかを明らかにするために、表1に班構成に変更があった班数の推移を示す。この表中の実験回数〔0-1〕は、初回の指定席による説明会から1回目の自由席を適用した場合の班構成に変更があった数であり、以降、各実験回数間の変動の数を示す。

表1 班構成の変更の推移

実験回数	構成員を変えた班の割合(%)	場所を変えた班の割合(%)
0-1	80	97
1-2	14	28
2-3	11	23
3-4	3	3
4-5	0	3
5-6	9	0
6-7	3	0
7-8	3	3
8-9	9	3
9-10	6	0
11-12	3	0

この結果から最初の強制指定席から自由席を適用した場合の班構成員の変化は、80%が変更を行っていることから、学生はかなり強制指定の班に不満を感じていることがわかる。また、座席の場所については、強制指定から自由席を適用した場合、97%がその場所を変更している。これらの結果から、自由席を適用した場合の実験グループ構成は、かなり学生の意志が反映されていると見ることができる。

2回目以降の班構成員の変更は極端に減少し、3回目にほぼ安定したと見ることができる。その後の変動も多少はあるが、これらのほとんどは、遅刻や欠席等による変動である。班の場所についても同様な傾向であるが、有限の実験テーブルを取り合う為、早い者勝ちの傾向が強く、とくに学生の意向どおり

に場所を変えられたとは考えにくい面もある。したがって、完全に学生の自主的意志が反映された結果と見ることは難しいが、実験中の様子を見ると、周囲と活発にコミュニケーションが取られていて、ある程度はこのシステムが有効に働いたようである。

6.2 有効な情報の流れ

実験終了後はレポートの作成・提出を課している。レポートには課題遂行に対して有効なアドバイス情報を得た場合には、その学生名を書かせることにした。この情報を基に有効な情報の流れを解析した。表2はこの解析結果で、有効な情報のやり取りが報告された数（リンク数）と、このリンクが両方の班から出されている場合を双方向リンク数とし、アンケートから求めた課題の難易度も一緒に示した。難易度の値は、非常に良く理解できたを2、理解できたを1、まあまあ理解できたを0、あまり理解できなかったを-1、ほとんど理解できなかったを-2として集計した結果である。したがってこの数値が大きいほど難易度が低いことになる。

表2 報告された情報のリンク数と難易度

実験回数	報告された有効なリンク数	双方向リンク数	課題の難易度
1	42	4	87
2	17	0	67
3	40	5	51
4	48	8	36
5	31	1	29
6	38	2	-2
7	34	1	-8
8	24	1	-10
9	42	4	-10
10	28	0	10

この結果から、図5に示すように課題の難易度は回を追う毎に難しくなっているが、有効な情報の流れる量を示すリンク数はそれほど変化しない事がわかる。

実験回数2回目だけが極端にリンク数が少ないのは、オンラインテキストに実験で行う手順の非常に詳しい内容を示し、実験前の説明を省略するといった、他の実験と実施方法を変えた影響が出たためと考えられる。この場合、学生はテキストからほとんどの情報を得ることができたので、周囲との情報交換を行う必要があまり生じなかったためと考えられ

る。

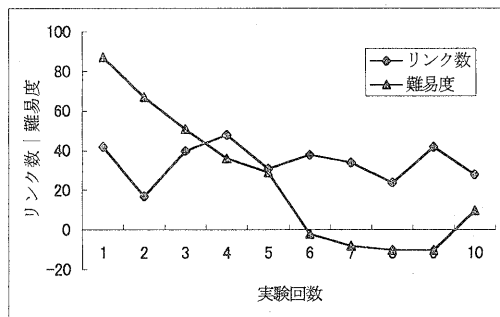


図5 リンク数と難易度の関係

6.3 情報の流れの位置関係

次に有効な情報の流れの位置関係について述べる。図6は、第2回目の実験における有効なアドバイス情報の入手先を示した結果である。

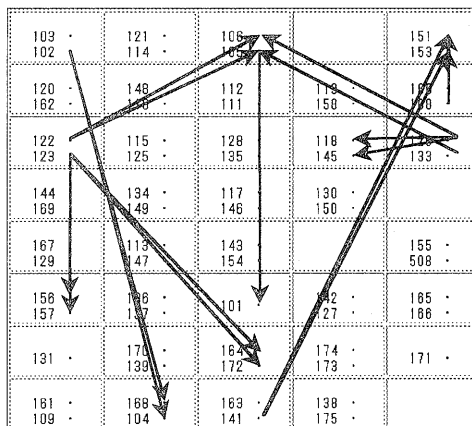


図6 有効な情報の流れ(2回目)

図中の矢印は、情報が流れた方向を示し、たいていの場合、矢印の先端の学生が、矢印の元の学生に聞きに行つて有効な情報を得たことを意味する。この結果から有効なアドバイス情報は近くから受けるのではなく、むしろ遠い位置の班から入手している例が多いことがわかる。図7は第4回目の実験の結果であつて、最も多くの有効なアドバイス情報の報告があつた日の状況である。どちらの実験においても比較的遠くから有効な情報を得ていることがわかる。実験中は周囲の班と細かい問題について情報交換を行っているが、何か解決できない問題にぶつかると、かなり離れた班から有効な情報を得てきたことになる。

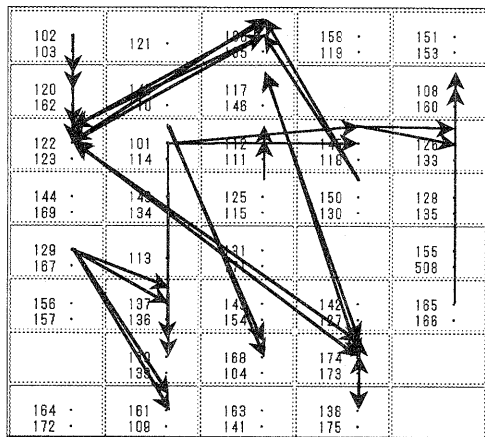


図7 有効な情報の流れ(4回目)

つまり周囲とはある程度の協調作業をしているが、その仲間で解決できない問題が発生すると、他の場所にいる仲間に救いを求め、そこで得た情報が役に立った場合に特にありがたみを感じて有効なアドバイス情報として報告する例が多いものと考えられる。

6.4 位置情報を排除した有効な情報の流れ

前述の情報の流れから位置情報を無視して階層的に流れを表すと図8、図9のようになる。図8は最も報告の少なかった第2回目の実験における情報の流れである。この回の流れは4系統に整理することができ、流れる方向はすべて一方向であった。したがって、わからない点については直接上位に位置付けられる学生にアドバイスももらったことになる。

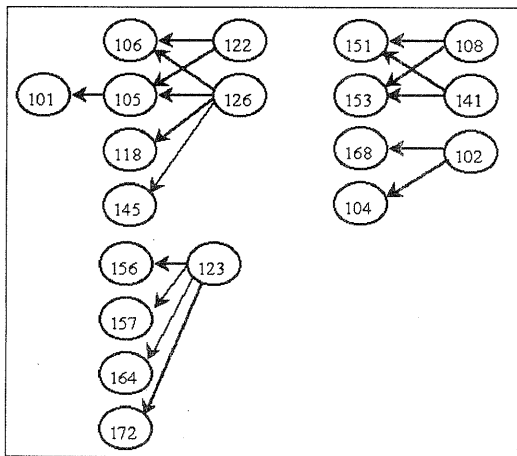


図8 階層的な情報の流れ(2回目)

図9は最も有効なアドバイス情報の報告が多かつ

た第4回目の実験の状況である。この図から、有効な情報の流れを7通りに分けることができ、また、左の上の下層部においては双方向のリンクがたくさん見られることから、お互いにアドバイスしあいながら活発な情報交換が行われたことを示している。

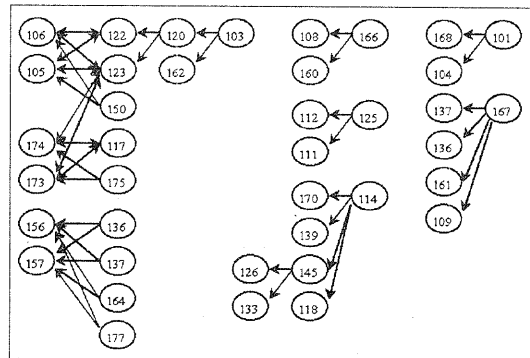


図9 階層的な情報の流れ(4回目)

6.5 スポークスマンの出現

情報の流れを階層的にあらわすと、どの学生が有効な情報を与えたかを一目で確認することができる。そこで、この階層の上部に位置する学生の理解度について検討を試みた。図10は上位階層に位置付けられる学生(4箇所以上に情報を提供した学生)の情報提供回数と成績指標(専門科目の評価得点)をグラフ化した図である。

この図において、成績指標は点数が高いほど優秀な学生である。したがって最も多くの情報を提供した学生は確かに優秀であるが、それ以外の学生と成績の相関はあまり認められず、むしろ中の上程度の学生が情報提供を良く行っている。また、特に設計に関して優秀な学生は、この多くの情報を提供する学生としてピックアップされない。したがって、この情報提供の上層にいる学生は、確かに有効な情報を持つてはいるが、決して深く理解しているわけではないのかもしれない。このような学生が上位階層に現れるのは、解決できない問題が発生した場合に、その問題の解決方法を話しやすい仲間伝いに入手しているからと推測される。よって、度々上位階層に現れる学生の特徴としては、人当たりが良く、人の面倒をよくみる、話しやすいスポークスマン的な学生であると考えられる。

しかし、WELSSの進行状況表示機能を75%の学生が利用したと答えているので、常時情報を与えてくれる学生にも困難な問題に直面した場合には、WELSSの情報を頼りに課題を解決している学生にアドバイスを求めるようになる。それゆえ難易度が高い課題に対しては、優秀な学生が階層上位に出現することになる。

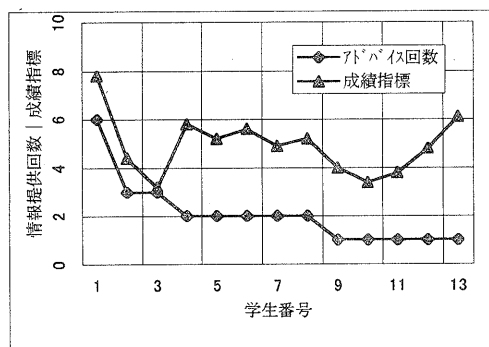


図10 情報提供回数と成績の関係

7. 考察

当初、実験授業を円滑に運営するには定常的な情報の流れが確立し、情報が一方向の流れで末端まで行き渡ることを想定し、その最上位階層に位置する学生に情報を与えることで円滑な運営ができるはずであると考えた。

しかしながら、分析結果から見ると次のような結論を導き出さざるを得ない。

(1) 双方向性

情報の流れは階層的でなく、フラットに多くの情報交換が行われ、しかも双方向の流れが多く生じているときが最も協調行動が発展的であり、教員からのアドバイスの浸透性も良い。実際、今回の一連の実験では、何らかの有効な情報を他に与えた学生は、48名で全体の71%にも達した。この結果は、多くの学生が自分で問題解決のためにいろいろ考え、他の班との情報交換を通じて、課題に対する解決意欲を喚起できた結果と考えることができる。

(2) スポークスマンの活用

教員から個別のアドバイスを行う場合は、良くできる学生ではなく、面倒見の良いスポークスマン的な学生に対して集中的に行うと、効率がよくなる。

この方法をうまく推し進めれば、課題の着実な消化も可能であると考えられる。

(3) 全体情報の提供

困難な課題に直面したとき、課題を解決した学生を探し出し、そこにアドバイスをもとめることを可能にすることは、現在のコンピュータネットワークがもつオープン性に共通するものであるが、情報をリアルタイムに閲覧できることが、困難な課題解決に有効である。これは協調作業における情報収集にも共通するものと考えられる。

8. むすび

今回、自律的なグループ形成を活用する教育支援システムの有効性を検証するため、実験授業科目における有効な情報伝達についてのデータの収集および解析を行った。この結果、WELSSは自律的なグループ形成を促し、それが知識の定着と円滑な授業運営の両方に効果があることが確認された。また、ここで解析した情報の流れは、コンピュータネットワークに新しい機構を組み込む引き金になりうると考えている。

参考文献

- [1] 吉川, 青木, 片山, 松田: WWWを活用した実験支援システムI—実験進捗状況の効果—第56回情報処理学会全国大会 6K-2, 1998
- [2] 吉川, 青木, 松田: WWWを活用した実験支援システムII—質問投稿システムの活用—第57回情報処理学会全国大会 6S-11, 1998
- [3] 青木: ネットワークを利用した実験・演習講義支援システム, 第12回私情協大会資料 D-2, p134-135, 1998
- [4] 大木: 動的依存関係を利用した分散オブジェクトの協調機構に関する提案; 電子情報通信学会 知能ソフトウェア工学研究会 8/6/1998 pp.1-8