

## PBL 参加者の成績の評価方法 —課題達成への貢献度を反映した、参加者ごとに 異なる成績を導く方法の提案—

原令奈<sup>†</sup> 八重樫理人<sup>††</sup> 橋浦弘明<sup>†</sup> 古宮誠一<sup>†</sup>

少人数の集団ごとにプロジェクトを組んで行う演習の方式を PBL (Project Based Learning) と呼ぶ。PBL による演習は学習効率が高いとされ、今その実施方法に関心が集まっている。PBL 参加者の成績は、与えられた課題に対する成果物だけで評価されることが多いので、課題達成への貢献度が異なっても、同じ集団に所属する参加者は全員同一の評価が与えられている。この論文では同じ集団に所属する参加者でも貢献度の大きさに応じた評価を与える方法を提案している。

## A Method for Giving Grade Point Which Differs from one Participant to the Next in PBL —Proposals of a Method for Giving Grade Point Based on Degree of Contribution to Finishing their Assignments—

Reina Hara<sup>†</sup> Rihito Yaegashi<sup>††</sup> Hiroaki Hashiura<sup>†</sup>  
and Seiichi Komiya<sup>†</sup>

PBL is a style of learning to master various skills through conducting an exercise by planning several projects organized separately by small group. Since it is through that PBL, based exercise brings greater results in participant's studies, people are now interested in how the exercise is conducted. Generally, a grade of participant is only evaluated out come of the team. Even though the Contribution to finishing their assignments is different, one participant who belongs to the same team is given the same evaluation. This paper proposes a method for giving grade point based on degree of contribution to finishing their assignments.

### 1. はじめに

実社会でのソフトウェア開発作業を円滑にするため、開発の知識や実践的な経験を持つ人材の育成が、今日の大学等の教育機関に求められている。実社会でのソフトウェア開発やシステム開発は、一般的に複数人で構成されるチーム形態で行われることが多く、チームで行う開発を成功させるためにはメンバーのチームワークは勿論のこと、チームに対する個人の貢献度は必要不可欠なものであると言えるであろう。企業は即戦力を求めざるを得ない経済状況となっている今日、本学でも、実社会に出る前に学生達に実践的な開発を学ばせる機会を演習授業として設けている。

ソフトウェア開発教育の一つのアプローチとして PBL (Project-Based Learning) と呼ばれる方法がある。PBL とは問題立脚型学習のことであり、参加者が中心となり少人数の SGD (Small Group Discussion: スモールグループディスカッション) 形式で自らの知識を確認し、課題を解決へ導く学習法である。近年大学機関等で PBL 形式の授業が試みられているが、未だそのような授業を実施している教育機関は少なく、学生にとって学習効果の高い演習授業となるよう、本学では注力して実施している。

本学の演習授業は、幾つかのチームに分かれてソフトウェア開発を行いそれをプロジェクトと見立て、実践的なソフトウェア開発を学習者らに疑似体験させる形式をとっている。参加者である学生はソフトウェア開発についての知識は無く、あくまで初学者であり、毎回の授業で TA (Teaching Assistant) らが参加者である学生にどのように課題を解決していくかヒントを与え、ドキュメントの作成方法からコーディングにかけた開発の一連工程を指導している。更に我々は、どのチームも平均して等しい能力となるよう、ばらつきの少ないチーム編成にも配慮している[1]。

この演習授業で改善すべき点を TAs が考えたところ、成績評価方法が一つの課題として挙げられた。PBL 参加者である学生の成績は、最終的に与えられた課題に対する最終成果物だけで評価されることが多い。つまり同じチームに属する学生は、チームでの課題達成に対して個人が与える貢献度は必ず異なり、更に成績というものは学生個人に帰するものであるにも関わらず、成績評価が同一となっていることが多く、これが学生の授業へのモチベーションを低下させている原因の一つとなっている。誰もが納得する成績評価方法自体が確立されておらず、悪平等な成績評価をしていることを問題視している。従って我々は、チームごとの最終結果だけでなく学生個人の努力しているプロセス、貢献度も評価しなければならない。学生個人の貢献度を測るためには、教員や TA が学生一人一人の演習授業への取り組みや、努力・進捗状況を把握してい

<sup>†</sup> 芝浦工業大学大学院 工学研究科  
Graduate School of Engineering, Shibaura Institute of Technology

<sup>††</sup> 香川大学 総合情報センター  
Information Technology Center, Kagawa University

る必要があるが、現段階で最終成績を決定する教員が個人の進捗状況全てを把握することは不可能である。従って、複数の TA が教員に向けて成績評価に対する有効な情報を提供することが望ましい。

例えば本学での演習授業で行っていることを紹介すると、チーム対戦形式で疑問点などを議論し合う「レビュー会」というものを 2008 年度より行っている。レビュー会は唯一 TA が学生個人のシステムへの理解度や作業の進捗を確認できる機会であり、実際に TA は学生個人単位で評価していく。更に Hashiura[2]らが過去に開発した、チームごとに成果物をアップロードする機能やチーム内で課題達成への過程として話し合うための掲示板、進捗状況などを管理することが出来る機能があるシステム“EtUDE”を授業内で利用している。このシステムから得られるデータの中より学生のような貢献を拾うことができると考えた。

本稿では悪平等な成績評価方法を改善すべく、複数の TA の意思を反映させた評価方法を考えた。本学でのソフトウェア開発演習授業を例とし、意思決定法を用いた PBL における学生の成績評価方法を提案する。

## 2. 評価方法に求められる条件

TA らは、以下表 1 に示す No.1~6 の条件の上、成績評価が出来れば理想的であると決定した。

表 1 成績評価を行うにあたり望ましい条件

No.	条件
1	チーム共通の成果物に対する評価 (P) と、個人の課題達成への貢献度 (C) の両方を評価して成績に反映させることが望ましい。
2	評価は、より客観的であることが望ましい。
3	評価項目ごとに重要度が設定できることが望ましい。
4	採点作業に対する担当教員の負担が少なくなることが望ましい。
5	複数の TA の意見を成績評価に反映できることが望ましい。
6	評価する人 (TA) が変わることによって、評点が変わることが少ないような採点方式であることが望ましい。

表 1 No.1 の要件を満たすために、

P : チーム共通の成果物に対する評価値
C : 個人の、チームへの貢献に対する評価値

の 2 つの評価値を算出し、その比率を教員の意思により設定することにより学生個人の取り組みも評価に加えることが可能となる。“P”と“C”を分けて評価をすることを学生達に予め伝えることにより、学生のやる気を低下させることを防ぎ、落第の多発を防止できると考えた。

成績の可否について述べると、本学の授業では、図 2 のように A~D, K の成績評定基準が定められている[3]。

表 2 本学での成績評定基準

成績評価の合計値	評価レベル	可否
100~80 点	A	合格
79~70 点	B	合格
69~60 点	C	合格
59~0 点	D	不合格
履修放棄	K	不合格

例 1 と例 2 に、仮に「P が 80 点、C が 20 点であった学生 i」の最終成績  $T(i)$  を求める式に当てはめ、比較する。

$$\left\{ \begin{array}{l} T_i = \sum P_{ji} + \sum C_{ki} \\ P_j = W_j^P \cdot S_j^P \\ C_k = W_k^C \cdot S_k^C \end{array} \right.$$

$P_j$ : P の評価項目 j 番目の点数
$C_k$ : C の評価項目 k 番目の点数
$W_j^P$ : P の評価項目 j 番目の重み
$S_j^P$ : 学生 i の所属するチームの、P の評価項目 j 番目の 評価スコア (W と S に関しては C も同様)

- 例 1) P : C = 6 : 4 に設定した場合  
例 2) P : C = 9 : 1 に設定した場合

例 1)での学生 i の成績評価点

$$80 \times \frac{6}{6+4} + 20 \times \frac{4}{6+4} = 56$$

例 2)での学生 i の成績評価点

$$80 \times \frac{9}{9+1} + 20 \times \frac{1}{9+1} = 74$$

このように例 1 と例 2 の場合、56 点、74 点と差が表れ、落第か否かが大きく変動するため、P : C = 9 : 1 を目安に設定することが望ましいと言える。

表 1 の No.2 の要件を満たすために、成績評価全体に 3.2. で述べる論理的思考法、KT 法の DA (決定分析) を用いる。TA1 名の判断だけで評価するのではなく、複数名の意見を反映させた評価を行う。

表 1 の No.3 の要件を満たすために、決定した評価項目に対して AHP 法を用いて複数人の TA が 10 段階評価[表 3]で重みを付け、評価項目ごとに各 TA の重みの合計を求める。1 人の TA が付けた重みだけで評価してしまうと、評価項目に対する意思に偏りが出てしまうが、複数の TA の合計値によって評価することで、客観的な評価ができる。

表 1 の No.4, No.5, No.6 については、以降 4.2. に述べる 4 段階の評価で 2 名以上の TA が、チームないしは 1 人の学生を評価し、その合計値を採る。合計値を採ることで評価への差が顕著になり、議論せずに TA 個々にばらつきが出ることを防ぎ、採点結果を 1 つに収束させることができると考えた。

### 3. 意思決定法

本稿で提案する成績評価法は、TA らが教員と合議の上で行う。採点者に偏りのない客観的な評価を実現するために、複数人の TA による意思決定法を行う。これを実現するために、以下より説明する AHP 法と KT 法の 2 つを用いる

#### 3.1 AHP法

AHP (Analytic Hierarchy Process) 法とは、ピッツバーグ大学の T.L.Saaty により提唱された意思決定法である。ある事柄についての意思決定を、「問題」「評価項目」「代替案」の階層構造[図 1]として捉え、階層ごとに一対比較を行った上で、代替案の中からどれが好ましいかを決定する手法であり、KT 法に対して人の主観判断を取り扱う

問題に適していると言える。

AHP 法を、本研究のチーム/学生個人 の評価基準の選出と、各々の項目に対する重みを決定する部分に用いる。

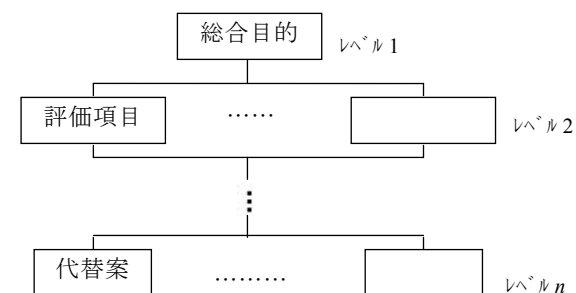


図 1 AHP 法の階層構造

AHP 法の手順を以下に述べる。

- ① 問題を「目的」「評価項目」「代替案」に分ける。
- ② 各評価項目の重要度を設定する。評価項目をそれぞれ比較し、各評価基準の相対的な重要度についての主観的な判断を設定された数値に置き換え、以下のように重み付けを行う。

表 3 評価項目への重要度の尺度

重要度の尺度	定義内容
1	同じくらい重要
3	やや重要
5	かなり重要
7	非常に重要
9	極めて重要
10	必ず必要

(中間値 2, 4, 6, 8 も利用する)

- ③ 評価項目ごとに代替案を評価する。各評価項目について 1~9 の尺度で一対比較し、各代替案の相対的な重要度についての主観的な判断を設定された数値に置き換え評価

する。4章より述べる本稿の事例では、尺度10については絶対必要な評価項目であると判断したことになるため、一対比較を行わないものとする。  
 以下のAとBを例とし、一対比較の方法を、以下表4を例に説明する。

表4 一対比較の例

	X	Y
X	1	3
Y	1/3	1

表3を用いて、XとX、YとYのペア比較は、それぞれ同一の項目なので“1”の「同じくらい重要」となり、左表の“3”については、XはYに対して“3”の「やや重要」な項目、左表の“1/3”については、YがXに対しての重要度なので、先程の“3”を転置したものを記す。このように一対比較を行っていく。

- ④ 選出する評価項目については成績評価を行うTAと教員の全員が合意したものでなければならない。多くの人が1~9の尺度で評価していたとしても、自身が評価基準として必要でありMUSTと判断した場合に10を付ける。尺度10については、必ず必要と考えるため、重みの値は最大値となり、一対比較は行わないものとする。
- ⑤ 最後に代替案の重要度とそのスコアの積和を算定し、総合的評価を行う。

### 3.2 KT法

KT(Kepner-Tregoe-program)法[3]とは、問題解決と意思決定プロセスである。解決する問題の目的によって「問題分析(PA:Oriblem Analysis)」「決定分析(DA:Decision Analysis)」「潜在的問題分析(PPA:Potential Problem)」「状況分析(SA:Situation Appraisal)」の4つの分析法を使い分ける。しかし、これらはそれぞれ目的が異なり、適用手順も異なるため、複数同時に扱うことは適切ではない。

### 3.3 KT法とAHP法を用いる理由

井戸らの実験[4]からも、様々な意思決定法の中でもKT法の「決定分析」は客観的な評価に向いていると言えるため、本稿では、目的達成のために複数の選択肢の中から最適なものを選出する「決定分析」をメインとして用いる。重み(W)・実際のTAによる評価スコア(S)の積和を求めることにより各学生に対して最終的な成績評価値を決定する。

成績評価値を決定するためには、まず評価項目を決定し、一対比較で各評価項目の重みを決定していく必要がある。

どちらの評価項目が有効かを決定するためには一対比較が適しており、AHP法を用いることが最適であると考えた。

## 4. 事例による評価方法の提案

本学でのソフトウェア開発演習授業を例とし、ある1チームの学生4人の成績をTA1・TA2の2名で評価する例を挙げる。図2に成績評価の手順を示す。

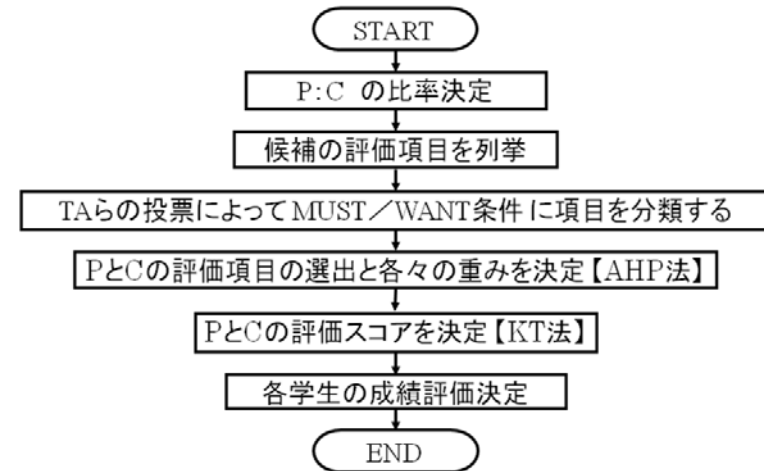


図2 貢献度を反映した成績評価の手順

### 4.1 評価項目の決定

学習者や複数のTA、教員に直接意見を聞いたところ、演習授業での学生への評価項目となるものには様々なものが挙げられた。その中から、本学でのソフトウェア開発演習授業で成績を評価するために最も有効な項目を選出した結果、次の表5、6に決定した。

表5 チーム共通の成果物に対する評価項目

No.	評価項目	分類
[P-1]	要求仕様の完備性（機能漏れや誤りの有無）	WANT
[P-2]	設計ドキュメントの完成度・詳細化の出来具合	WANT
[P-3]	レビュー会での活躍度合い	WANT
[P-4]	コーディングの完成度	WANT
[P-5]	全工程での修正の回数・改良した度合い	WANT
[P-6]	テストの完備性	WANT

表 6 学生個人の、チームに対する貢献の評価項目

No.	評価項目	分類
[C-1]	授業の出席率・参加率	MUST
[C-2]	各ドキュメント作成の分量・出来栄	WANT
[C-3]	テスト項目の列挙数・適切さ	WANT
[C-4]	コーディングの割合・出来栄	WANT
[C-5]	コミュニケーションの良さ	WANT

## 4.2 評価項目の分類

4.1. で列挙した評価項目を分類する方法を説明する。

評価をする TA の全員が重要であると考えた項目については「絶対目標」と言い、「MUST」と記述する。

1 人でも重要であるという意味決定を行わなかった項目については「希望目標」と言い、「WANT」と記述する。

以下に、5.3. で選出した評価項目を分類した結果を示す。

表 7 P, C それぞれの評価項目の分類

項目 No.	分類	項目 No.	分類
[P-1]	WANT	[C-1]	MUST
[P-2]	WANT	[C-2]	WANT
[P-3]	WANT	[C-3]	WANT
[P-4]	WANT	[C-4]	WANT
[P-5]	WANT	[C-5]	WANT
[P-6]	WANT		

決定した評価項目に対して、表 3 の尺度で表 7~10 のように各 TA の意思により重み(W)を決定した。評価項目の選出方法と重みの決定方法については AHP 法を用いたが、具体的に 4.3 に述べる。

## 4.3 評価項目の選出と、各項目に対する重みの決定

AHP 法の階層図は図 3, 図 4 のようになる。

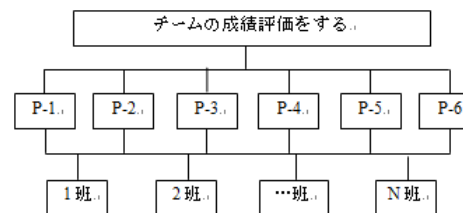


図 3 “P” の階層図

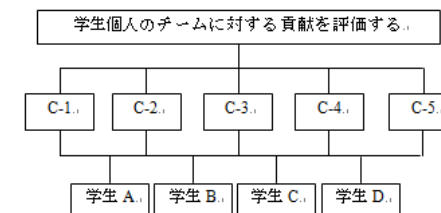


図 4 “C” の階層図

4.2 に示した“WANT”に分類された項目を対象に、一対比較により重みを決定する。“MUST”に分類された項目に対しては、全員が“必ず必要”と判断したため、一対比較は行わない。

“WANT”に分類された項目の中でも、個人が“必ず必要”と思った場合は一対比較を行う上で 10 を付ける。

AHP 法を用いてこれら評価項目の中での重要度(重み W)を決定する。重要度の尺度については 3.1 の表 3 に示した 10 の尺度で重みを決定する。

表 8 TA1 の、1 班 A さんの貢献度評価項目の一対比較例

	C-2	C-3	C-4	C-5
C-2	1	5	2	3
C-3	1/5	1	1/4	1/3
C-4	1/2	4	1	2
C-5	1/3	1/3	1/2	1

[C-2] は [C-5] よりも「やや重要」なので、「3」と記入する。

表 8 を小数点以下第 3 位までのマトリクスで表現し、次にこのマトリクスの列の合計を求め、更に元のマトリクスの各要素を、各列の合計で割り、各行の合計を求め、[図 5]

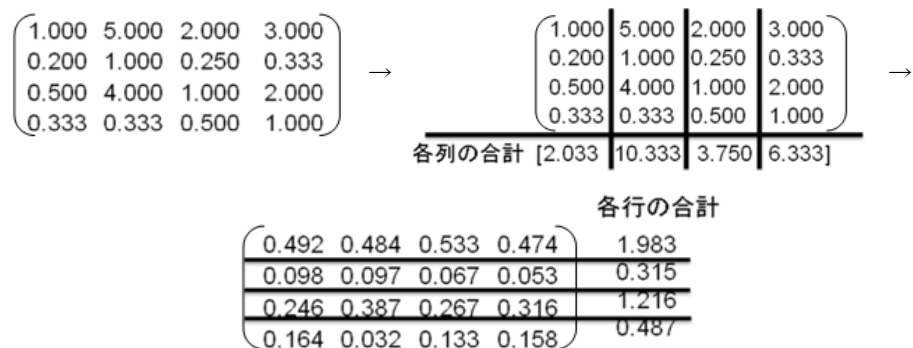


図5 マトリックスの列の合計と行の合計

更に各行の平均 (= 重みベクトル) を求め、値を降順に並べ、順位付けする。重みベクトル自体は小数值なので、1~10 までのおおよその比をとり、整数値にする。整数値にしたものを最終的な重みとする。

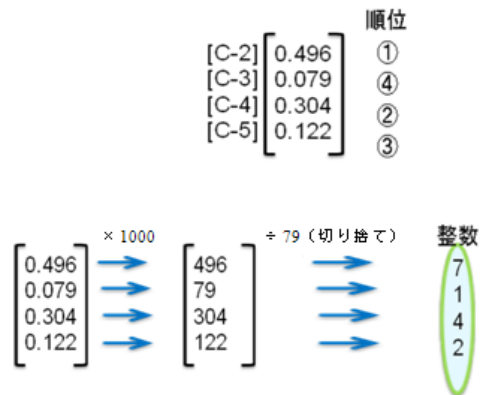


図6 重みベクトルを整数値にする方法

この重みベクトルを参考に、各 TA が整数値で決定したものを重み(W)とする[図6]。TA によって重み(W)に対しての意思が異なるため、このように TA は一人一人、一対比較を行っていく必要がある。同様に、P の評価項目についても一対比較を行い、重みを決定する。

### 4.3 KT法を用いた成績評価方法と総合評価方法

1 班に所属する学生 A の成績を、TA6 名で評価する例を以下に挙げていく。  
チームで生成した最終成果物の評価値“P”と学生個人のチームに対する貢献値“C”に対してそれぞれ表 6 の評価内容でスコア(S)を 4 段階評価でつける。スコア(S)は複数人の TA の判断となり、TA らの合計値をとる。2 章に述べたばらつきを防ぐことに付け加え、4 段階評価にした理由を述べると、5 段階評価にした場合、中間値である「どちらでもない」という評価内容があると評価は「どちらでもない」に集中してしまい、逆に 2 段階評価にしてしまうと極端に可否に別れるため、4 段階評価が意思を集結するのに適していると考えた。

表9 P, C それぞれに対して付けるスコア(S)の 4 段階評価

値	P の評価内容	値	C の評価内容
3	良い	3	貢献した
2	どちらかというが良い	2	どちらかというと貢献していない
1	どちらかというが悪い	1	どちらかというと貢献していない
0	悪い	0	全く貢献できていない

表 10, 表 12 に TA1 名の重み(W)付けとスコア(S)付けの例を挙げ、表 11, 表 13 に TA6 名の平均値を示す。

重み(W)については TA らの平均値で決定し、その平均値に各 TA の付けた評価スコア(S)を掛け、最終的に各 TA の評価値(W×S)の合計値を求める。

表 10 TA1 の、1 班の P への評価

P の評価		1 班		m 班	
評価項目	TA1 の重み(W)	TA1 の評点スコア(S)	W×S	TA1 の評点スコア(S)	W×S
[P-5]	8	3	24	*	*
[P-1]	7	3	21	*	*
[P-3]	6	3	18	*	*
[P-2]	5	2	10	*	*
[P-4]	5	2	10	*	*
[P-6]	3	2	6	*	*
合計			89	合計	*

MAX 102



表 11 TA 6名の, 1班のPへの評価の平均

Pの評価		1班		m班	
評価項目	TAらの重みの平均(W)	TAらの評点平均スコア(S)	W×S	TAらの評点平均スコア(S)	W×S
[P-5]	7	3	21	*	*
[P-1]	7	3	21	*	*
[P-3]	6	3	18	*	*
[P-2]	4	3	12	*	*
[P-4]	4	2	8	*	*
[P-6]	3	2	6	*	*
合計			86	合計	*

MAX 93

表 13 TA 6名の, 1班AさんのCへの評価の平均

Cの評価		Aさん		Nさん	
評価項目	TAらの重みの平均(W)	TAらの評点平均スコア(S)	W×S	TAらの評点平均スコア(S)	W×S
[C-1]	10	3	30	*	*
[C-2]	6	3	18	*	*
[C-4]	4	2	8	*	*
[C-5]	4	3	12	*	*
[C-3]	3	2	6	*	*
合計			74	合計	*

MAX 81

表 12 TA1の, 1班AさんのCへの評価

Cの評価		Aさん		Nさん	
評価項目	TA1の重み(W)	TA1の評点スコア(S)	W×S	TA1の評点スコア(S)	W×S
[C-1]	10	3	30	*	*
[C-2]	7	3	21	*	*
[C-4]	4	2	8	*	*
[C-5]	2	3	6	*	*
[C-3]	1	3	3	*	*
合計			68	合計	*

MAX 72

実際には, TAらの重み(W)の平均×TA6名の評価スコア(S)の合計値を求め, 成績評価を行ったが, 数値が大きくなるため本稿では例としてTAらの平均スコアとの積で成績付けを行う。

1班Aさんのチームの成績Pは, 表11の重み(W)×最大スコア3点の積93点満点中, 86点となった。

更に, 1班Aさん個人のチームに対する貢献値Cは, 表13の重み×最大スコア3点の積81点満点中, 74点と算出された。

よって, P:Cを9:1に設定した場合の1班Aさんのソフトウェア開発演習の点数を100点満点中で換算すると, P=92.5点, C=91.4点となり,

$$92.5 \times \frac{9}{9+1} + 91.4 \times \frac{1}{9+1} = 83.25 + 9.14 = 92.39$$

と算出され, 1班に所属している学生Aの点数は92.39点と決定した。

2章表2より, 1班に所属する学生Aの評価はAとなる。

## 5. おわりに

PBL参加者の成績は、与えられた課題に対する成果物だけで評価されることが多く、課題達成への貢献度が異なっても、同じ集団に所属する参加者は全員同一の評価が与えられている。これは悪平等であると問題視し、参加者各々の貢献度を含めた成績評価をすべきだと考えた。

本稿では、KT法とAHP法の両方を用い、与えられた課題に対するチーム共通の成果物への評価点（表中では“P”）と個人の貢献度への評価点（表中では“C”）を切り離して考え、P:Cの比率を、授業の担当教員が設定することで、学生の成績が求められる仕組みを提案した。この方法により例えPBLで扱う課題が変わった場合でも、複数の評価者が、学生の成績を客観的に評価することができるような仕組みを提案した。

## 6. 今後の課題

今後の展望として、評価項目の精度を上げ、より細かく学生が取り組んだデータを分析していくことで、正確な成績評価ができると考えている。

また、提案した成績評価方法のシステムを橋浦らと共に実装し、実際に本学の演習授業に取り入れる準備をする予定である。

## 参考文献

- 1) 白川清美, 橋浦弘明, 齋藤瞳, 山下公太郎, 古宮誠一, “ソフトウェア開発演習でのチーム編成に影響を及ぼす人的要因—SEM仮説モデルに基づく人的要因の分析—,” *Journal of Multimedia Aided Education Research* 2008, Vol. 5, No. 2, pp.95-110, Jan. 2008.
- 2) H.Hashiura, K.Yamashita, T.Ishikawa, Y.Isozaki, R.Chiba, Y.Inoue, S.Komiya, "A System for Supporting Project-Based Exercise in Software Development with Facilities to Detect Students Automatically who Are Required Individual Tutoring," *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, Issue 4, Vol.5, pp.187-199, Apr. 2008.
- 3) 芝浦工業大学, “成績について - 授業に関すること - 学生生活サポート - キャンパスライフ - 芝浦工業大学,” <http://www.shibaura-it.ac.jp/campuslife/class/grade.html> (2010年2月1日現在)
- 4) Kepner, C.H. and Tregoe, B.B, “The New Rational Manager,” Princeton Reserch Press, Princeton, New Jersey (1981). 上野一郎 (監訳): 新・管理者の判断能力-ラショナル・マネージャー, 産業能率大学出版部, 1985.
- 5) 井戸孝昭, 八重樫理人, 中村恵一, 中丸学, 古宮誠一, “意思決定を支援するための論理的思考法の比較 ~実験に基づくKT法の決定分析とAHP法の比較~, ” *情報処理学会*, Nov. 2004.
- 6) 樫山淳雄, “業務ソフトウェア設計・開発教育の実践とその評価,” *教育システム情報学会*, Vol. 17, No. 3, pp.367-378, Oct. 2000.
- 7) Jane Huffman Hayes, Timothy C.Lethbridge, Daniel Port, “Evaluating Individual Contribution Toward Group Software Engineering Projects,” *Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering (ICSE '03)*, Mar. 2003.
- 8) 八重樫理人, 井戸孝昭, 小田切和成, 多々内允晴, 古宮誠一, “KT法を改良したグループ演習における個人の成績評価方法の提案,” *メディア教育研*, Vol.2 No.1, Jul. 2005.
- 9) 刀根薫, “ゲーム感覚意思決定法,” *日本科学技術連盟*, 1986.
- 10) 木下栄蔵, “入門 AHP,” *日本科学技術連盟*, 2000.
- 11) 木下栄蔵, “孫子の兵法の数学モデル,” *BLUE BACKS*, 講談社, Feb. 1998.
- 12) 木下栄蔵, “孫子の兵法の数学モデル 実践編,” *BLUE BACKS*, 講談社, Feb. 1998.
- 13) 中西昌武, 木下栄蔵, “集団意思決定ストレス法の集団 AHP への適用,” *Journal of the Operations Research Society of Japan* Vol.41, No.4, Dec. 1998.
- 14) 中西昌武, 木下栄蔵, “階層分析法 AHP における意思決定ストレスのモデル化に関する研究,” *Journal of the Operations Research Society of Japan* Vol.41, No.4, Dec. 1998.