

# 土木系の工学教育と運動能力指標の関係について

大橋 健一\* 後藤 太之\*\* 松下 幸一\*\*

## Fundamental Studies of Relations between Civil Engineering Education and Sports Ability

Kenichi OHASHI\*, Takayuki GOTO\*\*, Koichi MATSUSHITA\*\*

### ABSTRACT

This paper considers the establishment of engineering education based on humankind ability. In this report, the engineering education of civil engineers at college of technology in Japan is taken up. The relation between civil engineering education and sports ability is clarified from the evaluation of educational subjects and sports test data. These data are analyzed simultaneously by using the method of principal component analysis in our research.

In the analysis of educational subjects, there was no remarkable difference between the liberal arts subjects and the science subjects. We think that this resulted from the students being homogenized by the entrance exam and small group lessons at the college. In the analysis of sports test data, the main factor is an index of physical strength. And, sports test data largely influence the improvement of total evaluation more than educational subjects.

**KEY WORDS** : civil engineering education, sports ability, academic grade of educational subject, principal component analysis, improvement of total evaluation

### 1. はじめに

JABEE への取り組み, PBL 教育, e-learning, プレゼンテーション教育の重視など, 工学系教育を取り巻く環境は大きく変化している. 豊かな社会では緩い拘束の下に若者が置かれる傾向があるが, 開かれた社会は競争の激化を意味しており, 学校教育と実社会のギャップは拡大の一途を辿っている.

本研究は, 工学教育のこのような環境変化を先取りした変革を目指すものではなく, むしろ, このような変革期において進むべき真の方向を見出すために, 教育の足元を見つめ直そうとするものである. 具体的には, 工学教育に要求される授業科目の内容を分類整理するとともに, 人間の本質的な運動能力と工学教育を関連付け, 運動能力が学業成績に寄与する割合などを

明らかにすることにより, 人間の本質的な能力に立脚した無理のない教育方法を探ろうとするものである.

工学教育には多くの実技系科目があるが, 近年は, 講義科目においてもプレゼンテーション能力向上や一方通行となる単調な講義を避けるために多くの演習や実習が取り入れられている. 実技は人間の運動能力に依存するところが大きく, 各種の運動能力と学業成績の間にも何らかの関連が予想される. 運動能力には, 先天的に決まるものと後天的に獲得されるものがあり, 学業と運動能力の関係を明らかにすることは, 工学教育の実践において意義深いものと思われる.

工学教育としては土木系教育を取り上げ, 工学教育と様々な運動能力の因果関係の分析では, 主成分分析などの統計解析を用いている. 工学教育の分野に主成分分析を用いた研究には, 学業成績を対象として, 新たな主成分から総合成績を導こうとする研究<sup>1) 2)</sup> や,

\* 都市システム工学科

\*\* 一般科目 保健体育

因子負荷量から構成科目を分類評価する研究<sup>3-7)</sup>などがある。本研究は、後者の立場を取る。また、菅原ら<sup>8)</sup>は、高等学校において、体格・運動能力・学業成績の相関分析を試みており、体格と成績との間には相関がみられなかったが、運動能力と学業成績の間には統計的に有意な相関が報告されている。筆者ら<sup>9)</sup>は、これまで学業成績や運動能力を独立して個別に分析してきたが、ここでは、これら両者の関係を同時に分析する。

2. 学業成績の分析

高専教育の特徴は、早期の実践教育を5年間一貫して行うことにあり、実技教育なども多く取り入れられている。教育内容は理論的な事柄を中心としているが、実験・実習・製図・パソコン演習なども数多く開講されており、実際に手足を動かして理解することが数多く要求されている。

土木系学生(都市システム工学科生)を分析対象とし、平成12年の低学年と平成14年の高学年の学業成績を取り上げる。運動能力も同時に検討するため、運動能力の男女差を考慮し、女子学生を除いた25名の学生を分析対象とした。

一般教養・専門の16科目(一般教養11, 専門5)からなる低学年成績データの主成分分析の結果が表-1である。表-1に対応する第1主成分と第2主成分の因子負荷量を示したのが図-1である。また、19科目(一般教養5, 専門14)からなる高学年の分析結果が、表-2, 図-2である。

いずれの学年においても、第1主成分(学業成績を全体的にみた良否)の割合が圧倒的に高くなっており、独立した科目としては、保健体育、音楽がある。高学年においては、第2・第3主成分に若干の傾向が現れているものの、第1主成分でおおよその傾向が判断できる。本高専における学業成績のこれらの分析結果は、工学系教育において従来から指摘されている傾向<sup>3)-7)</sup>とほぼ同様なものとなっている。

低学年では、第2主成分で、音楽・測量実習・材料・歴史・国語などと物理・応用力学・微積分などが対比され、文系と理系を示す成分として現れている。高学年においては、第1主成分に80%近くの情報量が集約されており、一般教養と専門の区別や文理の区別は明確でない。図-2の因子負荷量においても、科目が密集して識別しにくい状況である。科目間においては、専門・一般や文系・理系の違いがあるにもかかわらず、上級生で開講されている科目の特徴は、低学年と比較して、科目間の隔たりがより少なくなっており、より似通った傾向となっている。

表-1 学業成績の主成分分析(低学年)

因子負荷量	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分
国語	-0.788	-0.250	-0.346	0.030	-0.287
倫理社会	-0.879	-0.054	-0.219	0.054	-0.255
歴史	-0.699	-0.375	-0.311	0.023	-0.172
微積分	-0.588	0.319	0.317	-0.025	0.159
代数	-0.936	0.128	-0.087	0.153	-0.053
物理	-0.768	0.371	0.127	-0.055	0.386
化学	-0.511	0.343	-0.450	-0.510	-0.181
体育	-0.158	0.123	0.543	-0.673	-0.396
音楽	0.116	-0.661	0.109	-0.481	0.423
英語A	-0.693	0.012	0.394	0.051	-0.235
英語B	-0.809	-0.147	0.259	0.156	-0.197
情報処理I	-0.657	0.042	-0.466	-0.331	0.349
測量学	-0.863	0.070	0.089	0.146	0.343
材料	-0.777	-0.427	0.190	-0.030	0.075
応用力学	-0.770	0.368	0.106	0.046	0.154
測量実習	-0.655	-0.437	0.238	0.084	0.082
寄与率	49.55	9.80	9.06	7.15	6.83
累積寄与率	49.55	59.35	68.40	75.55	82.38

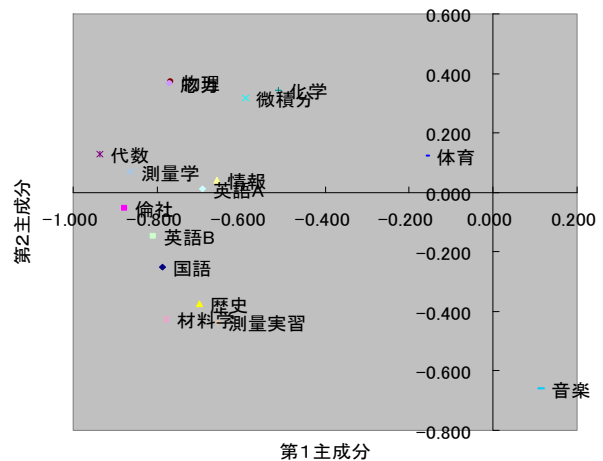


図-1 因子負荷量(低学年学業成績)

表-2 学業成績の主成分分析(高学年)

因子負荷量	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分
国語	-0.865	0.056	-0.385	0.057	-0.012
体育	-0.782	0.401	0.236	-0.052	-0.216
英語	-0.889	0.153	0.061	-0.319	-0.151
独語	-0.864	0.122	-0.196	-0.307	-0.003
経済・法学	-0.842	0.125	-0.239	0.399	-0.029
応用数学I	-0.644	-0.573	-0.298	0.028	-0.364
応用数学II	-0.945	-0.058	-0.115	-0.011	-0.036
情報処理II	-0.914	0.110	-0.062	-0.055	0.104
応用力学	-0.838	-0.236	-0.202	-0.096	0.332
水理	-0.960	-0.124	0.135	-0.083	0.024
地盤	-0.958	0.079	0.163	-0.072	0.018
鋼構造	-0.963	0.067	0.061	0.102	0.013
コンクリート	-0.754	-0.473	0.366	0.015	-0.132
計画学	-0.953	-0.103	0.024	-0.049	0.117
工学基礎II	-0.935	-0.124	-0.174	-0.003	0.048
施工管理I	-0.939	0.139	0.044	0.077	0.092
工学演習	-0.819	0.490	0.050	0.091	-0.043
構造設計	-0.924	0.127	0.134	0.213	-0.054
工学実験	-0.788	-0.364	0.386	0.116	0.158
寄与率	76.80	6.86	4.39	2.49	2.09
累積寄与率	76.80	83.65	88.04	90.53	92.62

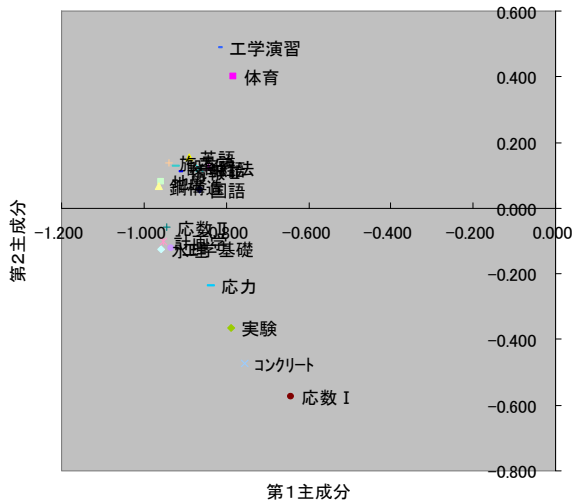


図-2 因子負荷量(高学年学業成績)

このような成績データの分析では、文系や理系の指標の解釈がされることが多いが、本分析結果からは、いずれも理系と文系の顕著な差は現れていない。特に、本高専の学業成績からは、文理や専門科目との大きな違いは生じていない。

教員が評価した成績からは、科目間の差異が減少してきていることを意味している。また、このような状況を学生の視点からみると、学習到達度合を示す学業成績の得点パターンからは、教養の文系科目と専門の理数系科目の差は少ない。内容が大きく異なる講義科目の差が少ない原因として、中学校で理系を得意とする学生を対象に少人数できめ細かく指導し、更に、何度もふるいにかけて上級学年に進級していることなどが挙げられる。このため、上級学年になるほど均質化されて大変似た集団となっている。このような集団では、成績の良否は能力よりも取り組み姿勢に左右され、更に、科目間においては、科目の性質による違いよりも、教授方法や評価方法の違いが評価点に強く現れることが予想される。

3. 運動能力指標の分析

運動能力の分析においても、学業成績の分析と同様に、土木系学生のスポーツテストデータを取り上げる。本校のスポーツテストは8種目からなるが、握力・上体起こし・長座体前屈・反復横跳びの4種目は「体力に関する項目」とされており、1500m走(持久走)・50m走・立ち幅跳び・ハンドボール投げの4種目は「運動能力に関する項目」とされている。

スポーツテストデータ8種目の低学年時の分析結果が表-3であり、高学年時の結果が表-4である。また、学業成績と同様に、第1主成分と第2主成分の因

子負荷量を示したのが図-3、4である。1500m走と50m走は小さいほど運動能力が高いため、これらの係数の符号は逆転している。

スポーツテスト項目は、人間の運動や体力に関する多くの指標の中から選定されたものであり、取り上げた8つの指標は独立性の高い性質を持った項目と思われる。本分析でも8指標という少ない項目にもかかわらず、累積寄与率が80%を超えるのに第4主成分までを要している。

表-3 運動能力8指標の主成分分析(低学年)

因子負荷量	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分
握力	-0.221	0.892	-0.151	0.103	0.255
上体起こし	-0.528	0.374	0.492	0.108	-0.551
長座体前屈	-0.661	0.038	-0.315	-0.613	-0.172
反復横跳び	-0.786	-0.109	0.103	-0.191	0.314
1500m走	0.614	0.225	-0.589	0.137	-0.226
50m走	0.848	-0.096	0.035	-0.303	-0.233
立ち幅跳び	-0.799	-0.022	-0.342	0.014	-0.209
ボール投げ	-0.632	-0.411	-0.249	0.462	-0.106
寄与率	43.94	14.71	11.28	9.49	8.20
累積寄与率	43.94	58.65	69.93	79.42	87.62

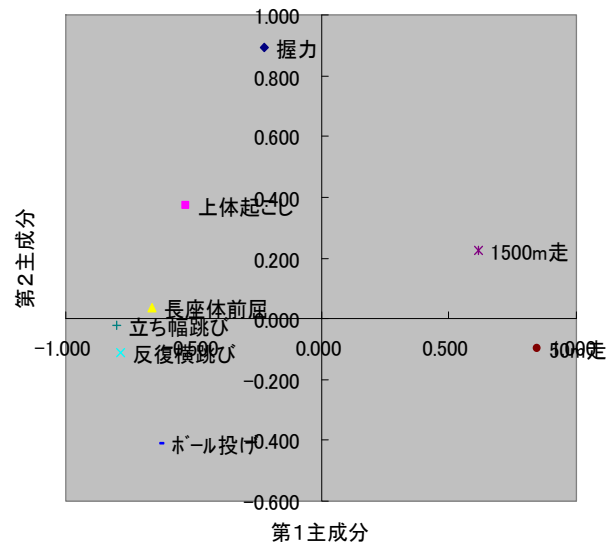
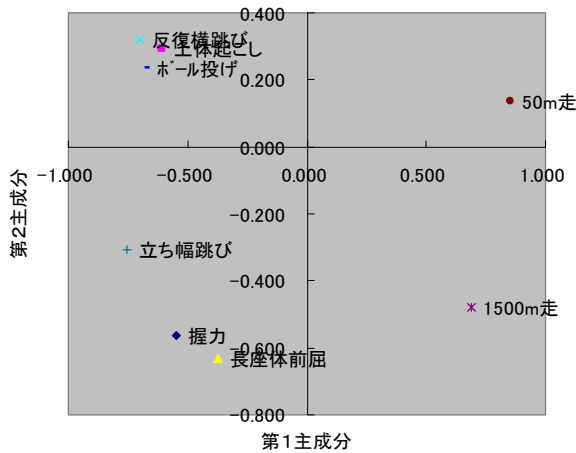


図-3 因子負荷量(低学年運動能力)

表-4 運動能力8指標の主成分分析(高学年)

因子負荷量	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分
握力	-0.546	-0.564	0.224	-0.257	0.501
上体起こし	-0.610	0.293	-0.290	0.531	0.354
長座体前屈	-0.371	-0.634	-0.600	0.069	-0.157
反復横跳び	-0.702	0.319	-0.486	-0.165	0.007
1500m走	0.690	-0.480	0.086	0.433	0.084
50m走	0.851	0.138	-0.225	0.212	0.109
立ち幅跳び	-0.756	-0.308	0.195	0.281	-0.354
ボール投げ	-0.676	0.235	0.501	0.257	-0.028
寄与率	44.14	16.34	13.46	9.47	6.81
累積寄与率	44.14	60.47	73.94	83.40	90.21

表一 5 学業成績と運動能力の同時分析 (低学年)



図一 4 因子負荷量 (高学年の学業成績と運動能力)

第1主成分には50m走・立ち幅跳びの運動能力指標を中心に握力を除く全ての指標が現れており、第2主成分には握力・上体起こし・長座体前屈などの体力指標が現れている。低学年から高学年への傾向の変化では、長座体前屈と1500m走が運動能力全般を表わす指標から掛け離れてきているのが注目される。近年、本高专では、運動系クラブの多くは高校体育連盟に所属して低学年の活動が活発化しているが、一方では高学年の活動は衰退してきており、持久力や柔軟性が乏しくなっている。

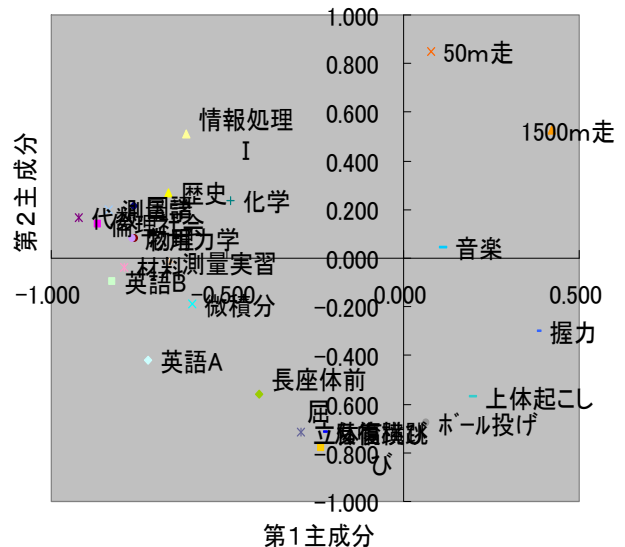
4. 学業成績と運動能力指標の同時分析

学業成績と運動能力指標を同時に分析した結果を、表一5, 6, 図一5, 6に示す。

低学年では、学業成績16科目と運動能力8項目の合計24項目の分析を行なった。第1主成分に体育と音楽を除く学業成績が、第2主成分に運動能力指標と体育が現れている。英語A(英文読解)は、学業成績グループに属すると同時に、運動能力と似た傾向を示す。また、情報処理Iは、学業成績グループに属するが、運動能力指標とも高い相関を有している。

高学年では、学業成績19科目と運動能力8項目に加えて、低学年から高学年への成績の伸び率(全科目の平均点を高学年次と低学年次の比で表わし、個人成績の上昇度合いを示す項目)を併せた28項目の分析を行なった。図一6より、学業成績の多くの科目が一箇所に密集しており、教養科目や専門科目、更には、実験実習や講義科目など、様々な科目が開講されているが、評価された成績の学修到達度からみた講義科目相互の類似性がうかがえる。高学年では、学業成績と運動能力に明確な違いが生じている。また、高学年の総合成績のみならず成績伸び率においても、その変動パター

因子負荷量	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分
国語	-0.767	0.214	0.202	-0.273	-0.331
倫理社会	-0.869	0.139	0.021	-0.126	-0.317
歴史	-0.668	0.266	0.295	-0.155	-0.402
微積分	-0.600	-0.186	-0.304	0.107	0.169
代数	-0.923	0.166	-0.147	0.012	-0.109
物理	-0.763	0.081	-0.422	0.081	0.375
化学	-0.489	0.239	-0.180	-0.706	0.149
体育	-0.227	-0.715	0.149	-0.291	0.175
音楽	0.112	0.041	0.670	-0.024	0.530
英語A	-0.727	-0.419	-0.113	-0.053	-0.018
英語B	-0.827	-0.098	0.170	0.247	-0.145
情報処理I	-0.616	0.510	0.005	-0.195	0.225
測量学	-0.838	0.197	-0.113	0.158	0.242
材料	-0.794	-0.038	0.402	0.111	0.087
応用力学	-0.768	0.083	-0.315	0.226	0.096
測量実習	-0.665	-0.015	0.410	0.236	0.085
握力	0.380	-0.304	-0.396	-0.450	-0.169
上体起こし	0.200	-0.570	0.106	-0.423	0.163
長座体前屈	-0.410	-0.558	-0.469	0.000	0.161
反復横跳び	-0.231	-0.782	0.078	0.060	0.197
1500m走	0.422	0.529	-0.465	0.346	0.072
50m走	0.080	0.851	-0.144	-0.005	0.025
立ち幅跳び	-0.290	-0.716	-0.266	0.027	-0.263
ボール投げ	0.067	-0.677	0.068	0.052	-0.236
寄与率	35.51	19.09	8.81	7.17	5.38
累積寄与率	35.51	54.59	63.40	70.57	75.95



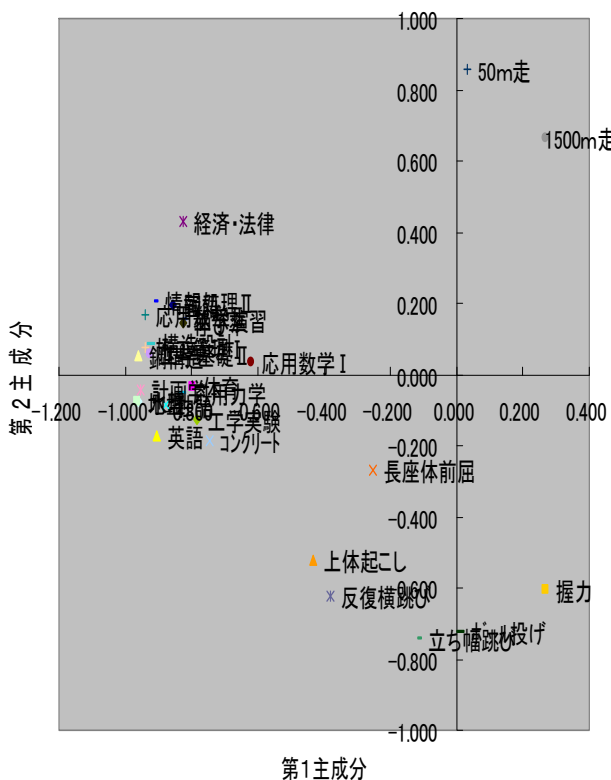
図一 5 因子負荷量 (低学年の学業成績と運動能力)

ンは学業成績と同一の傾向を示す。低学年次の体育の講義ではスポーツの基礎に重点を置いており、学業成績科目とは異なる位置付けがなされていたが、高学年次の体育ではスポーツの安全や応用に力点が置かれており、学業成績全般と同様の性質を示すようになっていく。そして、学年進行に伴って、第1主成分に集約される割合が増してきており、授業科目間の差は少なくなってきた。



表一六 学業成績と運動能力の同時分析 (高学年)

因子負荷量	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分
国語	-0.856	0.194	0.041	0.265	0.155
体育	-0.798	-0.034	0.381	-0.192	-0.006
英語	-0.903	-0.171	0.102	-0.039	0.213
独語	-0.876	-0.086	-0.016	-0.103	0.309
経済・法律	-0.825	0.429	0.046	0.126	-0.055
応用数学Ⅰ	-0.622	0.033	-0.587	0.285	-0.034
応用数学Ⅱ	-0.940	0.169	-0.111	0.094	0.085
情報処理Ⅱ	-0.911	0.204	-0.004	-0.085	0.143
応用力学	-0.829	-0.055	-0.232	0.149	-0.023
水理	-0.959	-0.078	-0.125	-0.008	-0.087
地盤	-0.965	-0.074	0.096	-0.076	-0.075
鋼構造	-0.959	0.051	0.060	0.003	-0.147
コンクリート	-0.747	-0.188	-0.386	0.017	-0.261
計画学	-0.953	-0.046	-0.051	0.147	-0.063
工学基礎Ⅱ	-0.926	0.056	-0.167	0.135	0.032
施工管理Ⅰ	-0.938	0.075	0.164	0.002	-0.156
工学演習	-0.825	0.154	0.383	-0.179	0.010
構造設計	-0.923	0.085	0.094	-0.043	-0.132
工学実験	-0.783	-0.125	-0.285	-0.102	-0.355
握力	0.268	-0.606	0.087	0.487	-0.199
上体起こし	-0.432	-0.520	0.290	-0.382	0.118
長座体前屈	-0.253	-0.270	0.523	0.644	0.157
反復横跳び	-0.381	-0.622	-0.125	0.018	0.510
1500m走	0.267	0.665	0.363	0.147	-0.408
50m走	0.032	0.856	-0.050	-0.111	0.097
立ち幅跳び	-0.118	-0.742	0.307	0.090	-0.309
ボール投げ	0.010	-0.726	-0.139	-0.357	-0.281
伸び率	-0.825	0.147	0.253	-0.183	-0.083
寄与率	56.33	13.61	6.19	4.80	4.17
累積寄与率	56.33	69.94	76.13	80.94	85.11



図一六 因子負荷量 (高学年の学業成績と運動能力)

5. 総合成績に及ぼす授業科目の影響

金坂ら<sup>10)</sup>は、4年次の総合成績に低学年次開講科目との相関から成績不振者の対策を講じようとしているが、本研究においても、総合成績や総合成績の伸びなどの指標に対して、低学年次の科目の影響をみる。本高専では、学年の総合的な成績評価を表わす指標として科目の単純平均が定着している。これらの指標と低学年次科目の単相関係数を表一七に示す。

成績の良否に大きく影響する項目は、学業を構成する授業科目となるのは当然であるが、成績の伸びに関しては、運動能力指標の影響が大きく現れており、学業では英語B(文法)・測量実習などである。また、低学年次の平均(総合成績)には、英数などの主要科目の他に測量や倫理社会との関連が強く、高学年次平均には、英語Bや測量などの専門教科が多く現れている。英文法のように積み重ねていく勉強法を要求する科目や、上級生において専門科目が増える中で記述と計算のバランスの取れた測量などの科目が高学年の成績に大きく影響している。

なお、成績の伸び率は統計指標の変化を示すフロー量であり相関は0.5以下と低いが、本高専の入試データの相関と比較すればかなり高い値となっている。

表一七 総合成績と低学年科目の相関係数

相関係数	低学年平均	高学年平均	伸び率
0.8以上	代数、測量学、倫社		
0.7~0.8	英語B、物理、材料、応力、国語	英語B、測量学	
0.6~0.7	歴史、英語A、情報処理Ⅰ、微積分、測量実習	材料、代数、応力、測量実習	
0.5~0.6		握力*、倫社、国語、英語A	
0.4~0.5	化学	物理、情報処理Ⅰ	握力*
0.3~0.4	持久走(1500m)*、握力*、長座体前屈	歴史、持久走(1500m)*、微積分、立ち幅跳び	ボール投げ、英語B
0.2~0.3	上体起こし*	長座体前屈、反復横跳び、体育	上体起こし、立ち幅跳び、測量実習、化学*、材料学
0.1~0.2	体育、立ち幅跳び、反復横跳び、ボール投げ*	ボール投げ、50m走*、化学	持久走(1500m)*、応力、50m走*、測量学、反復横跳び、微積分*、歴史*、体育
0.1以下	音楽*、50m走*	音楽*、上体起こし	音楽*、英語A、代数、長座体前屈、情報処理Ⅰ*、倫社*、物理*、国語

注1) 負の相関を示すものには、右肩に\*を付した。  
 注2) 運動能力指標には、アンダーラインを付す。

## 6. おわりに

工業高専という理系に特化した教育機関における学業成績の分析からは、文系科目や理系科目の顕著な違いはみられなかった。理数系の高等教育機関に入学する学生が適性や入試などによって均質化され、その上、少人数できめ細かい教育を継続実施した結果であると思われる。また、この傾向は高学年になるほどより顕著になり、文系理系の区別のみならず、体育なども含めた一般教養科目と専門科目の区別もなくなってきている。学生が修めた学業成績において、科目間の特徴の違いが少ないことは、高専が真剣に、且つ、根気強く教育してきた成果の現れとも考えられる。

文系理系などの科目を問わず、いずれの教科においても個々の学生が持っている能力の限界に到達させることの重要性は言うまでもないが、本分析の結果からは、当該科目の学習への取り組みや学習量の大小が成績に大きく現れており、学生は個々の能力を十分発揮しているようにも思われる。しかし、学生の能力や努力の度合は個々に異なるものであり、十分な学習をしたかどうかの判断は難しい。

教育現場では学業成績の向上を目指しているが、現実には、当面の問題点を早急に改善するための議論に終始する傾向がある。成績対策の重要性はいうまでもないが、飽くまでも緊急的な措置でしかない。長期的な成績の向上では運動能力指標との相関が高いことは注目に値する。

本高専では、JABEEの受審を契機にFD活動を活発化しているが、更なる改善を行うためには、主要教科だけの学習に止まらず、低学年次において、課外活動を含めた幅広い教育や、長期的視野に立った動機付けな

どが重要になるものと思われる。なお、長期的な成績動向との関連については、今後より多くの分析を積み、更なる検討を加えていく必要があるものと思われる。

## 参考文献

- 1) 上森,飯島,富田:主成分分析による学業成績の席次決定に関する一考察,大同工業大学研究紀要通号11-12, pp.73-81, 1976.
- 2) 高橋,大澤,西澤:不完全情報の主成分分析による学生の成績評価,日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会2-E-9, p.234, 1996.
- 3) 藤崎,臼木:主成分分析による入試データおよび学業成績の分析,鹿児島高専研究報告15号, pp.137-143, 1980.
- 4) 勘久保広一:マイコンによる学業成績の構造解析(I)―学業成績の主成分分析について―,弓削商船高専研究紀要5号, pp.69-77, 1983.
- 5) 勘久保広一:続マイコンによる学業成績の構造解析(I)―学業成績の主成分分析について―,弓削商船高専研究紀要6号, pp.39-44, 1984.
- 6) 土岐泰教:主成分分析による成績調査,八戸高専研究紀要22号, pp.98-102, 1987.
- 7) 沖津由紀:工業高等専門学校における学業成績の類型と進路,日本労働研究Vol.39, No.5, pp.32-43, 1997.
- 8) 菅原,岩淵,財部:高等学校進学男子生徒についての体格・運動能力・学業成績の相関関係に関する地域的分析,体育学研究14-5, p.214, 1970.
- 9) 後藤,大橋,大原,松下:工学系教育と運動能力指標の関係,明石高専研究紀要49号, pp.118-121, 2006.
- 10) 金坂,鬼頭,西澤:高専入学後の学業成績間の相関について,高専教育30号, pp.209-214, 2007.