

初学者のための合唱学習支援システムにおける 教師知識の基礎的検討

中西 将¹⁾ 砂押 聖三²⁾ 香山 瑞恵²⁾ 為末 隆弘²⁾ 浅沼 和志³⁾
伊東 一典²⁾ 橋本 昌巳²⁾ 池田 操⁴⁾

¹⁾信州大学大学院工学系研究科, ²⁾信州大学工学部, ³⁾長野県工科短期大学校, ⁴⁾上越教育大学
E-mail: t07a560@shinshu-u.ac.jp

あらまし 本研究では、初学者のための合唱学習支援システムにおける教師知識の基礎的検討を行う。はじめに、合唱の練習観察から得られた指導語について整理し、教師知識の観点から考察を行い、指導語の分類と指導観点との対応付けを得た。次に、完成度の高い合唱曲に対する音色表現語を用いた合唱指導者の主観評価実験から因子抽出を行い、さらに指導者の個性が因子得点として表現できる可能性を見出した。そしてこれらの知見に基づき、教師知識の種類と内容について考察した。

キーワード 合唱, 初学者, 学習支援システム, 教師知識, 指導語, 主観評価。

A basic study of tutoring knowledge in the training system for beginning chorus singers

Masaki NAKANISHI¹⁾ Seizoh SUNAOSHI²⁾ Mizue KAYAMA²⁾ Takahiro TAMESUE²⁾
Kazushi ASANUMA³⁾ Kazunori ITOH²⁾ Masami HASHIMOTO²⁾ Misao IKEDA⁴⁾

¹⁾Graduate School of Science and Technology, Shinshu University,

²⁾Faculty of Engineering, Shinshu University

³⁾Nagano Prefectural Institute of Technology, ⁴⁾Joetsu University of Education

E-mail: t07a560@shinshu-u.ac.jp

Abstract In this paper, we considered basic contents of the tutoring knowledge in the training system for beginning chorus singers. At first, we collected some important guidance words of a chorus leader, while observing the scene of chorus practice. These guidance words were classified into musical and acoustic factors from a viewpoint of instructional knowledge. Furthermore, we tried the subjective evaluation test for the tonal impressions by chorus leaders about choral songs of the famous choirs. As these results, we found that the common and individual knowledge of chorus leaders were able to express as a part of the tutoring knowledge database.

Keyword Chorus, Beginning chorus singer, Training system, Tutoring knowledge, Guidance word, Subjective evaluation test.

1. はじめに

合唱とは、多くの歌唱者が、いくつかのパートにわかれ、各パートの声互いに和声をなしながら、全体で曲をなすように歌うことである。さらに、教師や指揮者などの指導者(以下、教師と総称する)が大勢の歌唱者の音楽解釈を統一し、自分の音楽観に基づき歌声を総合することで合唱が構成される^[1]。

小中等教育段階において多くの児童生徒が合唱を経験し、成人した後にも地域や組織のクラブ活動や行事、

趣味等で合唱を行う場合があるように、合唱は我々に身近なものである。合唱の専門家を目指す者もいるが、その他の多くの者にとっては、非日常的・非継続的に合唱を行う機会が存在する。本研究では、このような形で合唱に関わる人を初学者と呼び、研究の対象とする。

一般に、合唱の練習は教師と歌唱者間、あるいは教師とパート間などの対面指導の形式でなされる。その際の指導・評価方法は教師によって様々である^[2-4]。さらに合唱の評価方法においては標準的な規準や指標が

未確立の状況にある。また現状では、初学者の個人練習は楽譜に示された音程やリズムの再現などが中心に成りがちである。しかしながら、合唱指導は、合唱団の個性や教師の音楽観(個性や好みを含めた意味)を考慮した上で特定の教師によってなされるものであり、このような特徴を反映させた指導・評価の支援が求められる。

これまでに、歌唱音声の特性^[5-6]、歌唱と音響特徴量との関連付け^[7]、歌声の物理量および心理量からの検討^[8-10]などの研究が行われてきた。しかしながら、合唱への応用として、教師の音楽観や演奏解釈、すなわち教師知識に着目し支援を検討した研究事例はない。本研究では、教師知識に基づき合唱学習を支援することで、個々の学習者に適応的な学習かつ教師の指導意図に基づく効果的なフィードバック情報による学習を可能とする合唱個人練習環境の実現を目指す。

本稿では、実際の合唱練習の観察と合唱指導者による合唱曲の主観評価実験とを通して、合唱学習支援システムにおける教師知識の基礎的検討について述べる。

2. 合唱学習支援システム

歌唱に対する支援システムは様々な側面から、検討・提案されている^[11-14]。しかしながら、これらは音の正確性や Singer's Formant の出現に着目したものであった。歌唱において楽譜の再現や響きのある音の再現は重要な要素ではある。しかし合唱においては、その要素のみならず、合唱団の個性や教師の音楽観、そして演奏解釈を考慮することがあわせて重要となる。本研究では、これらに関する知識を教師知識と称し、この知識を具備した合唱学習支援システムの検討を行うこととする。

2.1 システム構成

図1に本システムの構成概要図を示す。本システムでは、学習者の歌声を入力として、そこから音情報(音楽・音響・音声情報を含む意味)を抽出する。これらの情報と事前に与えておいた楽譜情報との比較を行い、楽譜に対する再現性の評価を行う。次に、各教師に対応した教師知識を基にして、教師の音楽観や演奏解釈による評価を行う。さらに、学習者固有の特徴や苦手な歌唱技術を明らかにする。これらの結果を統合し、直感的・感覚的に理解しやすい視覚と聴覚を組み合わせたフィードバックを呈示することで、対話的に合唱の訓練が行えるようにする。

2.2 歌声評価のアプローチ

本システムでは、「音」「曲」「学習者」の3つの側面の評価から、学習者に与えるフィードバック情報を生成する。「曲」はいくつもの「音」によって構成されて

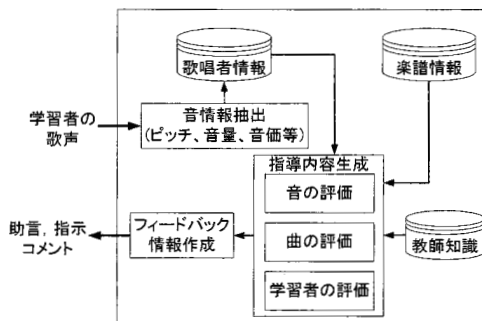


図1 合唱学習支援システムの構成概要

おり、「学習者」の特徴はいくつもの「曲」に共通して出現するものである。そこで、「音」では歌声と楽譜とを比較し、音程やリズムの再現性を評価する。「曲」では歌声と、他のパートとのハーモニーや教師が理想とする歌声との比較から評価をおこない、さらに「学習者」では複数回の歌唱結果および複数の曲の歌唱結果から個々の学習者の歌い方の癖や苦手な表現技法を明確にする。これらの評価結果を統合することで、学習者のエラー補正と弱点克服が可能になると考える。

3. 合唱練習に用いられる指導語の整理

本システムの構築に際し、合唱の指導の実態に基づき教師知識を検討することが重要になる。そこで、初学者を中心に構成された特定合唱団の練習に対する継続的観察を通して、教師がなす歌声の評価と指導方法の事例を収集し、そこから教師知識の種類を考察する。

3.1 教師が求めること

実際の合唱指導においては、合唱団の個性や習熟度、練習時間や回数の制約などが考慮される。教師は、これらの情報を鑑みつつ、自身の音楽観に基づき目標とする歌声を作り上げていく。

観察対象とした合唱団の制約条件を以下に示す。

- 多くのメンバーに合唱団への所属経験がない
- 練習回数は週に1回、練習期間は4ヶ月間
- 全員が練習に揃うことは困難である
- PTA 役員という義務的なモチベーション

また、今回観察対象とした教師は、当該合唱団に特化した編曲も手がけている。その際、以下のような意図を含む編曲を行った。

- 男声が少ないため混声三部構成の合唱とした。
 - ハーモニーより旋律を重視した。
 - 合唱団への所属経験がなく、人数もそろわない男声の音域を狭くし、音程の跳躍の幅も小さくした。
- 今回使用された混声三部用の楽譜の一部を図2に示す。この楽譜では、音程やリズムは楽譜に書かれ



図 2 編曲された楽譜の例

ており、他の教師も指導を行うための情報を得ることができる。しかしながら、観察対象の教師は、楽譜上には直接表現されない編曲意図を有していた。具体的には、1)ソプラノで「大きい波のように」の指導語による音のつながりの表現（図中①）、2)バスとアルトでメロディのつながり（図中②）などである。これらは、教師の音楽観と演奏解釈とに基づく教師知識であると考えられる。

3.2 指導語の整理

指導においては、初学者にとって直感的でわかりやすく、行動に移しやすい言葉が使われており、音程やリズムの再現を指示する直接的な表現は用いられていない。指導に用いられた指示語（指導語）の例を表 1 に示す。プレスや口のあげ方に関する指示は、一般の合唱指導で用いられる指示と共通する^[15]。しかし、「階段を上げるように」、「気持ちを入れていく」などは、当該教師独自の指示である。このように、合唱の指導で用いられる指示には、教師に共通な指示と、教師毎に異なる指示、すなわち個々の教師の音楽観に基づく固有の指示とがあることがわかった。

3.3 指導語と指導観点との対応

今回収集した指導語は音程確保やリズムの取り方、声の出し方や曲に適した歌唱技法を指示する目的など歌唱指導に特化した語である。そこで、これらの指導語の意味を明らかにするために、インタビュー形式で指導観点を調査した。その結果、当該教師の指導観点として、大きさ、高さ、音色、長さ、速さの 5 つが指摘された。

指導語と指導観点との対応を表 2 に示す。指導語と指導観点とは 1:n(n≥1)で対応付けられた。また、対応の強さは一定ではなく、強い対応と弱い対応、対応なしの 3 種が今回のインタビューから指摘された。表 2 における指導語と指導観点との間の線の太さがこの対応の強さを示している。特定の指導観点のみに対応する指導語と複数の指導観点に対応する指導語が存在していた。また、すべての指導語においていずれかの指導観点との対応付けが可能であった。

表 1 指導に用いられた指示語の例

教師 共通	音を出す前に準備
	音の入りを意識
	音が上がるときはこやかに プレスをしっかり 口をしっかりとあげる
教師 固有	言葉を前に出す
	階段を上がるように
	大きい波がくるように
	曲の出だしは楽に入る 少しずつ気持ちを入れていく

表 2 指導語と指導観点の対応付け

指導語	指導観点
音を出す前に準備	大きさ
口をしっかりとあげる	高さ
階段を上がるように	音色
プレスをしっかり	長さ
大きい波がくるように	速さ

このような対応付け調査を特定の教師および複数の教師に対しておこない、指導語に対応する指導観点と音情報との関連性を整理することで、教師から発せられる言葉による指示を音情報パラメータの調整として再現できると考えられる。

4. 主観評価実験

教師の音楽観や演奏解釈の違いは、合唱指導の場で表れる。訓練途中の段階では、教師共通の指導と教師固有の指導とがあいまってなされるものであり、完成に近い段階では、教師共通の指導よりも教師固有の指導が多くなる。それは、教師固有の指導に、当該教師の音楽観や演奏解釈の違いが明確に表れるからである。

このことから、複数の合唱指導者による「完成された声」に対する主観評価を得ることで、個々の教師の音楽観や演奏解釈の違いを得ることができるのではないかと考えた。「完成された声」とは、一般に評価の高い合唱団により発表会向けに歌われた声とする。

4.1 評価曲と実験データ

実験のための評価曲として混声四部合唱の「12のインヴェンションー天満の市は」(作曲:間宮芳生,作詞:不詳)を用いた。この曲は日本人により作曲された合唱曲であり、合唱の指導者と歌唱者および今回の実験の被験者との文化的背景が一致する。

この曲を一般的評価の高い 3 つの合唱団(1 つの職業合唱団と 2 つの市民合唱団)が歌った結果を実験データとした。これらのデータは発表会用の合唱を録音した結果であり、合唱としては完成の域に達したものであると判断できる。評価曲中から被験者により評価

の差が出やすいと考えられる3フレーズ（10秒程度）を抜き出し、3合唱団分計9種類の合唱フレーズを評価対象とした（フレーズ1～9）。なお、フレーズの選定に関しては合唱指導の専門家の意見を参考にした。

4.2 被験者

被験者は合唱の指導者に限定した。そこで、音楽を専門に学んだ経歴を持ち、合唱指導の経験を有する40代～60代の男女6名（A～F）を被験者とした。

4.3 実験方法

実験には、SD法を採用した。聴取は防音室において、ノートパソコン（HITACHI FLORA270HX）、サウンドボード（EDIROL UA-5）、ヘッドホン（SONY DR-Z700）を用いて行った。評価曲の各フレーズの呈示順序はランダムとした。被験者には十分聞きやすい音量で聴取させた。評価には、被験者自身で進行・記録ができるように、また、過去の回答を見直すことを防ぐために図3に示す評価用インタフェースを用いた。被験者は

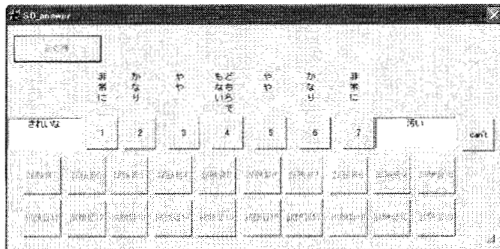


図3 評価用インタフェース

表3 音色表現語対

きれいな-汚	い	弱々しい-力強い
繊細な-荒れた	厚みのある-薄っぺらな	
深みのある-粗野な	豊かな-貧弱な	
きめの細かい-粗い	重い-軽い	
ごつごつした-まろやかな	ものたりない-迫力のある	
ざらざらした-なめらかな	地味な-派手な	
かさかさした-しなやかな	あまい-キンキンした	
生気のない-つやのある	おとなしい-激しい	
かわいた-うるおいのある	おだやかな-騒々しい	
割れた-融け合った	落ち着いた-けばけばしい	
かすれた-満ちたりた	静かな-つんざくような	
抜けのいい-こもった	とげとげしい-丸みのある	
締りのない-芯のある	やせた-拵がりのある	
鋭い-鈍い	明るい-暗い	
鼻にかかった-張りのある	かたい-やわらかい	
はっきりとした-ぼやけた	澄んだ-濁った	
歯切れの悪い-切れ味のよい	つまった-ひびきのある	
引き締った-たるんだ	金属性の-しっとりとした	
鮮やかな-ぼけた	淡い-生々しい	
太い-細い	冷たい-暖かみのある	

評価曲のフレーズを聞きながら、左右のエディットボックスに表示される表3の音色表現語対について評価を行う。音色表現語対は北村ら^[16]によって、意味内容が一般的であり、音色表現語として妥当であるとして800語から選別された40語対を用いた。なお、カテゴリ数は7段階を用いた。

4.4 実験結果

聴取実験の結果を因子分析を用いて解析した。因子分析では、表現語を変量とし、抽出すべき因子数を決定するために、相関行列の固有値を求めた。その結果、1以上の固有値を持つ因子が4つ出現した。そこで、各因子について因子負荷量の閾値を0.5として第4因子まで整理した。

各因子について、表現語対のグループ分けを行い、まとめた結果および各因子の寄与率を表4に示す。第1因子に大きな負荷量を持つ表現語対は、「はっきりとした-ぼやけた」、「明るい-暗い」、「鮮やかな-ぼけた」などであり、音の鮮明さの因子である。他の因子も同様に整理すると、第2因子は、「金属性の-しっとりとした」、「落ち着いた-けばけばしい」、「おだやかな-騒々しい」などで耳障り・派手さの因子、第3因子は、「太い-細い」、「厚みのある-薄っぺらな」、「重い-軽い」で、迫力の因子、第4因子は、「繊細な-荒れた」、「きれいな-汚い」、「きめの細かい-粗い」で、美的因子である。

この因子分析の結果と音色に関する先行研究^[16]とを比較すると、抽出因子は同様であるが、それぞれの因子を構成する表現語対に若干の違いがあることが分かった。表現語対の違いが合唱特有の評価を表している可能性も推察される。

図4に各因子における付加量の高い上位3対の表現語の得点プロフィールを被験者毎に示す。得点プロフィールの比較から、被験者間の評価に明らかな違いが見られる。そこで、被験者間の評価の違いを明らかにするために、評価曲の各フレーズに対する因子得点を検討する。

図5に1例としてフレーズ2に対する因子得点のグラフを示す。被験者Aは、第4因子が大きくなっているため、第4因子に評価の重みをおいていることがわかる。同様に、被験者Bでは第1, 2因子に、被験者Cでは第3因子に重みをおいている。

このように、被験者は共通の因子で評価を行っているにもかかわらず、それぞれの因子に対する重みのおき方が異なる。つまり、この重みのおき方の違いに教師の音楽観の違いが現れ、それが各教師の指導方針の違いに影響すると考えられる。それゆえ、各因子への加重の程度と各教師の指導方針や音楽観との関係を検討することで、指導に関する教師知識の一端が整理で

表 4 バリマックス回転後の因子結果

音色表現語対	因子			
	1	2	3	4
はっきりとした-ぼやけた	0.89	0.06	0.22	0.09
明るい-暗い	0.88	0.07	0.12	0.08
鮮やかな-ぼけた	0.85	-0.06	0.26	0.25
歯切れの悪い-切れ味のよい	-0.85	0.17	-0.21	-0.16
地味な-派手な	-0.84	-0.03	-0.14	-0.16
引き締まった-たるんだ	0.83	-0.17	0.23	0.19
抜けのいい-こもった	0.78	-0.31	-0.05	0.16
鋭い-鈍い	0.77	0.11	-0.01	0.22
縮りのない-芯のある	-0.72	0.04	-0.32	-0.32
澄んだ-濁った	0.72	-0.30	0.18	0.16
鼻にかかった-張りのある	-0.66	0.20	-0.36	-0.36
おとなしい-激しい	-0.60	-0.33	0.03	0.20
きれいな-汚い	0.56	-0.26	0.13	0.64
生気のない-つやのある	-0.54	0.22	-0.35	-0.29
ものたりない-迫力のある	-0.54	-0.04	-0.59	-0.19
かすれた-満ちた	-0.53	0.36	-0.49	-0.26
豊かな-貧弱な	0.53	-0.43	0.58	0.21
金属性の-しっとりとした	0.05	0.86	-0.25	-0.04
落ち着いた-けばけばしい	-0.04	-0.86	0.13	0.12
おだやかな-騒々しい	0.18	-0.83	0.01	0.14
とげとげしい-丸みのある	-0.24	0.79	-0.37	-0.17
静かな-つんざくような	-0.33	-0.75	0.09	0.15
かたい-やわらかい	-0.09	0.75	-0.29	-0.08
あまい-キンキンした	-0.07	-0.72	0.24	0.12
ごつごつした-まるやかな	-0.29	0.66	-0.14	-0.42
つまった-ひびきのある	-0.36	0.61	-0.40	-0.27
淡い-生々しい	-0.14	-0.61	-0.17	0.12
ざらざらした-なめらかな	-0.23	0.60	-0.18	-0.57
割れた-融け合った	-0.47	0.59	-0.34	-0.26
かさかさした-しなやかな	-0.29	0.52	-0.42	-0.52
太い-細い	0.07	-0.15	0.84	0.13
厚みのある-薄っぺらな	0.33	-0.40	0.76	0.09
重い-軽い	-0.07	-0.24	0.73	-0.05
やせた-拡がりのある	-0.34	0.40	-0.69	-0.29
弱々しい-力強い	-0.44	-0.23	-0.66	-0.21
冷たい-暖かみのある	-0.41	0.43	-0.60	-0.22
ものたりない-迫力のある	-0.54	-0.04	-0.59	-0.19
豊かな-貧弱な	0.53	-0.43	0.58	0.21
繊細な-荒れた	0.41	-0.34	0.17	0.71
きれいな-汚い	0.56	-0.26	0.13	0.64
きめの細かい-粗い	0.45	-0.43	0.23	0.64
ざらざらした-なめらかな	-0.23	0.60	-0.18	-0.57
深みのある-粗野な	0.26	-0.34	0.50	0.54
かさかさした-しなやかな	-0.29	0.52	-0.42	-0.52
因子寄与率(%)	27.2	21.7	15.3	9.3

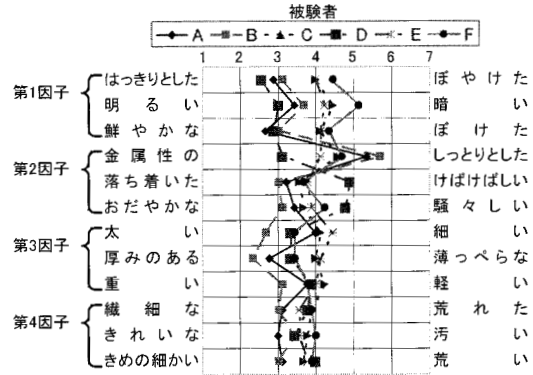


図 4 得点プロフィール

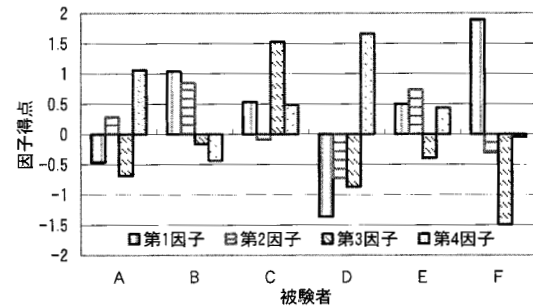


図 5 因子得点の例 (フレーズ 2)

事柄とがある。

- ・ 指導語は 1 つ以上の指導観点に対応付けられる。
- ・ 合唱の歌声の評価に関しては、教師共通の 4 つの評価因子が存在する。
- ・ 評価因子の重み付けの違いに、教師の音楽観が現れる。

これらの結果より教師知識の検討を行う。図 6 に、教師知識の種類と内容を具体化し、指導内容生成プロセスを示した。本研究では、指導内容生成プロセスを、歌声の評価フェーズと、評価結果に基づく指導フィードバック(以下、F/B と略)決定フェーズとから構成する。

評価フェーズでは、学習者の歌声と楽譜および教師の曲解釈とを比較し、その差異を同定する。この際、楽譜情報および曲解釈知識が参照される。これらの知識がエキスパートシステムにおけるドメイン知識に対応する。特に、曲解釈知識は言葉による意味情報として表現される。音情報として表現される学習者の歌声と比較するためには曲解釈知識を音情報に対応付ける必要がある。曲解釈知識とは、曲の表現や声の出し方、音のつなげ方等、教師の音楽観や演奏意図に関する知識である。曲解釈知識には、音情報として直接表現できる知識(例えば、「この 4 小節は、音の大きさを一定

きると推察される。本支援システムでは、今回抽出された 4 つの因子への加重量をパラメータとし、因子得点による重み付けを加味した調整を行うことで、教師が求める歌声の評価が行えるものと仮定して、教師知識を表現することとする。

5. 教師知識

合唱練習に用いられる指導語の整理と、合唱指導者による合唱曲に対する主観評価実験とから、以下の知見が得られた。

- ・ 教師知識は曲解釈知識と指導知識とで構成される。
- ・ 指導知識には、教師間で共通の事柄と教師固有の

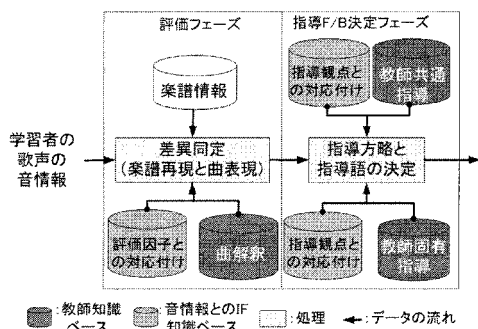


図6 指導内容生成プロセスの詳細

にしてなめらかに歌う」等)と、音情報として直接表現できない知識(例えば、「全体として、「未練たらたらしている」ように歌う」等)とが存在する。後者については4章で得られた知見を元に、歌声に対する評価因子への加重量として整理をし、さらに評価因子と音情報との対応を整理しておくことで、音情報としての表現を可能とする。さらにこの加重量を合唱団の熟達や曲の難易に応じて適応的に表現することで、曲や合唱団の違いによる評価方針の違いにも対応する。評価フェーズでは、楽譜の再現に関する差異と曲の表現に関する差異が音情報として得られることになる。

指導F/B決定フェーズでは、教師共通の指導知識と教師固有の指導知識とを用いる。教師共通の知識とは、音程の維持やリズムの正しさ等、合唱指導で一般的に用いられる知識をさす。教師固有の知識とは、個々の教師の音楽観や演奏意図に基づく指導方略および方略を表現する語に関する知識である。いずれの知識も教師が発した指導語で構成された意味情報として表現される。これらの知識情報と音情報との対応は、3章で得られた知見を元に整理する。ここでは、指導語は1つ以上の指導観点に対応しており、さらに指導観点は複数の音情報で説明されるという仮定をおく。その上で、指導語と指導観点、および音情報との対応を整理する。対応を表現する際には、関係の有無と対応の強さに関するパラメータとして表現しておく。これらの関係において、指導語と指導観点との対応が指導方略となる。このように知識と音情報との関係を整理しておくことで、特定の教師による言葉での指導を音情報のパラメータとして説明できることになる。同時に、指導語と指導観点、および指導観点と音情報との間のパラメータが教師固有のものになるため、より特定の教師の音楽観に近い歌声指導が可能となる。

6. おわりに

本稿では、初學者のための合唱学習支援システムに

おける教師知識の基礎的検討をおこなった。はじめに、合唱の練習観察から得られた指導語について整理し、教師知識の観点から考察を行い、指導語の分類と指導観点との対応付けを得た。次に、完成度の高い合唱曲に対する音色表現語を用いた合唱指導者の主観評価実験から因子抽出を行い、さらに教師の個性が因子得点として表現できる可能性を見出した。そしてこれらの知見に基づき、教師知識の種類と内容について考察した。今後はさらに教師知識の整理を進め、音情報との対応を具体化し、合唱学習支援システムの構築を行う。

参考文献

- [1] 秋山日出男ら編：“合唱事典”，pp.16-20，音楽之友社(1967)。
- [2] 伊藤雅子，藤井憲，渡辺隆雄：“児童発声の研究と合唱指導”，明治図書出版(1976)。
- [3] 竹内秀男：“合唱指導の実際と運営”，音楽之友社(1992)。
- [4] 文部省，“中学校学習指導要領解説 音楽編”，教育芸術社(1999)。
- [5] 中山一郎，小林範子：“歌の声一声質の魅力と問題点一”，日本音響学会誌，Vol.52，No.5，pp.383-388(1996)。
- [6] G.J.Troup：“Physics of the singing voice”，Physic Reports 74，No.5，pp.379-401(1981)。
- [7] 片岡靖景，伊東一典，池田操，中澤達夫，米沢義道，今関義弘，橋本昌巳：“歌唱支援システム構築のための歌声の分析と評価”，情報処理学会研究報告，98-MUS-26，pp.22-30(1998)。
- [8] 中野倫靖，後藤真孝，平賀謙：“楽譜情報を用いない歌唱力自動評価手法”，情報処理学会論文誌，Vol.48，No.1，pp.227-236(2007)。
- [9] 西内美登里，大串健吾：“専門家と非専門家の歌声の評価”，日本音響学会聴覚研究会資料，H-90-1，pp.1-6(1990)。
- [10] 杉原太郎，森本一成，黒川隆夫：“SD法を通してみた音楽に対する感性の基本特性”，映像情報メディア学会技術報告 HIR2001-83，pp.57-63(2001)。
- [11] David M. Howard：“Microcomputer-based Singing Ability Assessment and Development”，Applied Acoustics 27，pp.89-102(1989)。
- [12] 平井重行，片寄晴弘，井口征士：“歌の調子外れに対する治療支援システム”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J84-D-II，No.9，pp.1933-1941(2001)。
- [13] 荻原慎洋，森幹男，谷口秀次，高橋謙三，吉田千夏，平井哲也：“骨導音声を用いた歌声評価・発声訓練システム”，電子情報通信学会総合大会講演論文集，p.343(2005)。
- [14] 河合楽器製作所：“プリマヴィスタ2”，<http://www.kawai.co.jp/cmusic/products/primaproducts/primaindex.htm>。
- [15] 村谷達也，関屋晋：“コーラスハンドブック”，西田書店(1980)。
- [16] 北村音一，二井真一郎，栗山讓二，増田昇：“昭和50年代の青年に関する音色因子の抽出—モノフォニックの場合—”，日本音響学会聴覚研究会資料，H-51-11，(1978)。