JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	音楽的特徴量と作曲者の主観評価の関連性を用いたフレーズ作成支援システムに関する研究
Author(s)	伊藤，丈一
Citation	
Issue Date	2008-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/4291
Rights	
Description	Supervisor:西本一志，知識科学研究科，修士課程

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

音楽的特徴量と作曲者の主観評価の関連性を用いたフレーズ作成支援システムに関する研究

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識システム基礎学専攻

伊藤 丈一

2008 年 3 月

修 士 論 文

音楽的特徴量と作曲者の主観評価の関連性を用いたフレーズ作成支援システムに関する研究

指導教官　西本 一志 教授

審査委員主査　西本 一志 教授
審査委員　國藤 進 教授
審査委員　宮田 一乗 教授
審査委員　金井 秀明 准教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識システム基礎学専攻

0550006 伊藤 丈一

提出年月: 2008 年 2 月

Copyright © 2008 by Joichi Ito

概要

近年，使いやすく安価な音楽制作ツールが多く登場したため，作曲を楽しむ人が増加している．作曲を行う際には，なんらかのテーマに基づき曲を作ることが多い．しかしながら，テーマに合致し，かつ自分の好みに合ったフレーズを作ることは難しく，しばしば行き詰まり状態に陥ってしまう．本研究では，このような行き詰まり状態からの脱却を支援するシステム “mu-cept” を提案する．mu-cept は，重回帰分析によって，ユーザの曖昧な主観評価と各フレーズが持つ音楽的特徴量との関係を分析し，ユーザ自身が気づいていない「より好ましく，よりテーマと一致したフレーズが持つであろう音楽的特徴」を導出し，これをフレーズ推敲の材料として提示する．本稿では mu-cept の構成と，被験者による評価実験結果を示し，mu-cept の有効性について議論する

目次

概要 1

第 1 章　導入 1
1.1　研究の背景 1

第 2 章　フレーズ作成支援システム:mu-cept 2
2.1　mu-cept 使用時のフレーズ作成プロセス 2
2.2　システム構成 3
2.3　ユーザへの情報提示 4
2.4　予想される mu-cept の効果 4

第 3 章　実験 1 6
3.1　実験概要 6
3.2　評価手法 7
3.3　実験結果 7
3.3.1　実験 C における被験者 B 7
3.3.2　実験 C における被験者 C 8
3.3.3　実験 C における被験者 A 9
3.4　実験後に行ったアンケートおよびインタビューの結果 10
3.5　考察 11

第 4 章　追加機能 12

第 5 章　実験 2 14
5.1　実験概要 14
5.2　評価手法 15
5.3　実験結果 15
5.3.1　実験 C における被験者 D 15
5.3.2　実験 C における被験者 E 15
5.4　実験後に行ったアンケートおよびインタビューの結果 17
5.5　考察 17

第 6 章　関連研究 18
6.1　作曲に於ける行き詰まりを脱却することを目的としたシステム 18

6.1.1 MACCS 18
6.2 ユーザの主観評価，印象を入力して楽曲を生成させるシステム 18
6.2.1 システムにユーザの主観評価を入力して楽曲を生成させるシステム 18
6.2.2 ユーザに任意の言葉を入力させて楽曲を生成させるシステム 18
6.3 即興演奏に於けるフレーズ作成支援を行うシステム 19
6.3.1 Music-AIDE 19
6.3.2 音の表情に関する要素の時系列的特徴をユーザに提示するシステム 19
6.4 その他 19
6.4.1 Continuator 19

第 7 章 まとめと今後の展望 20
7.1 まとめと今後の展望 20

参考文献 21

付録 A 謝辞 22

付録 B mu-cept が行った情報提示 23
B.0.1 実験 C における被験者 D に対して行われた情報提示 23
B.0.2 実験 C における被験者 E に対して行われた情報提示 23

図目次

2.1 mu-cept を用いた作曲の流れ 2
2.2 mu-cept のユーザインタフェース 3
2.3 アドバイス提示の一例 4

3.1 実験 C における被験者 B の最終的な評価マップ 8
3.2 実験 C における被験者 C の最終的な評価マップ 9
3.3 実験 C における被験者 A の最終的な評価マップ 10

5.1 実験 C における被験者 D の最終的な評価マップ 16
5.2 実験 C における被験者 E の最終的な評価マップ 16

表目次

2.1 抽出される音楽的特徴量 4
2.2 システムから提示される情報提示の一覧 5

3.1 実験環境の比較 6
3.2 被験者のプロフィール 6
3.3 被験者の選択したテーマ 7
3.4 mu-cept から被験者 B への情報提示 8
3.5 mu-cept から被験者 C への情報提示 9
3.6 アンケートから得られた mu-cept の評価 10

4.1 追加された音楽的特徴量 13
4.2 追加された情報提示の一覧 13

5.1 実験環境の比較 14
5.2 被験者のプロフィール 14
5.3 被験者が選択したテーマ 15
5.4 アンケートから得られた mu-cept の評価 17

第 1 章

導入

1.1 研究の背景

近年，使いやすく安価な音楽制作ツールが多く登場したため，作曲を楽しむ人が増加している．しかし，楽曲が完成に至ることなく挫折する場合も多い．その理由のひとつとして，楽曲を構成するフレーズを思うように作れないことが挙げられる．作曲を行う際には，なんらかのテーマに基づき曲を作ることが多い．その過程でフレーズを繰り返し作成するが，テーマに合致し，かつ自分の好みにあったフレーズを作ることは難しく，しばしば行き詰まり状態に陥ってしまう．

作曲をする際に必要とされるスキルの一つとして，音楽理論を使いこなすことが挙げられる．しかし，音楽理論の習得それ自体に膨大な時間と労力がかかり，習得する段階で挫折してしまうことも多い．しかも，音楽理論を学んだとしても，必ずしも自分の作りたい作品が作れるようになるとは限らず，本当に自分が作りたい作品へ近づくことは難しい．

本稿では，このような行き詰まり状態からの脱却を支援するシステム “mu-cept” を提案する．多くの場合，人は自分の好みにあったフレーズやテーマに合致したフレーズはどのような特徴を有するものであるか（あるべきか）について明確に意識しておらず，「なんとなく違う，なんとなく好きではない」というように，作成したフレーズを曖昧にしか評価できない．mu-cept は，この曖昧な主観評価と，各フレーズが持つ音楽的特徴量との関係を分析することにより，ユーザ自身が気づいていない「より好ましく，よりテーマと一致したフレーズが持つであろう音楽的特徴」を導出し，これをフレーズ推敲の材料として提示する．ユーザは，提示された情報を参考に，新たにフレーズ作成に取り組む．以下，mu-cept の構成と評価実験について述べる．

第 2 章

フレーズ作成支援システム:mu-cept

2.1　mu-cept 使用時のフレーズ作成プロセス

図 2.1 に mu-cept を用いた作曲の流れを示す．ユーザはフレーズを作成する都度，主観評価を併せて入力する．この作成・評価という 2 つの行為を繰り返してフレーズを作成していく．これは，多くの作曲過程モデルにおいて，作曲という行為が，制約条件の下で候補を生成し，それを評価することの繰り返しで構成されていることに基づく [1]．なお，その都度評価を入力するという行為によって思考が中断される可能性があるが，評価の尺度は流動的であることを考慮し，作成直後が最もその時の評価尺度を反映していると考え，このような仕様とした．フレーズの評価項目は「どの程度好きか」,「どの程度テーマに合っているか」という 2 つのみとした．これは，ユーザの評価はそもそも曖昧であり，これ以上詳細な分析評価をさせることは，ユーザに不自然な思考と高い認知負荷を強いることが危惧されるためである．

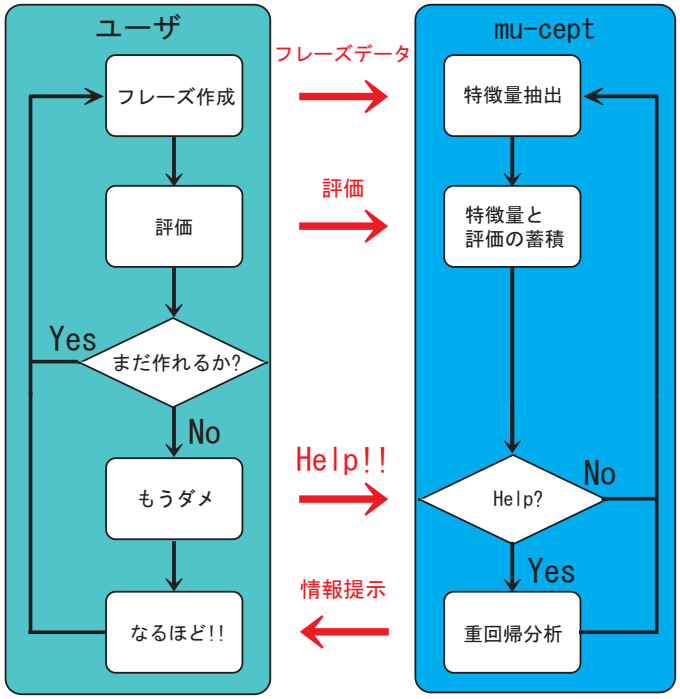

図 2.1　mu-cept を用いた作曲の流れ

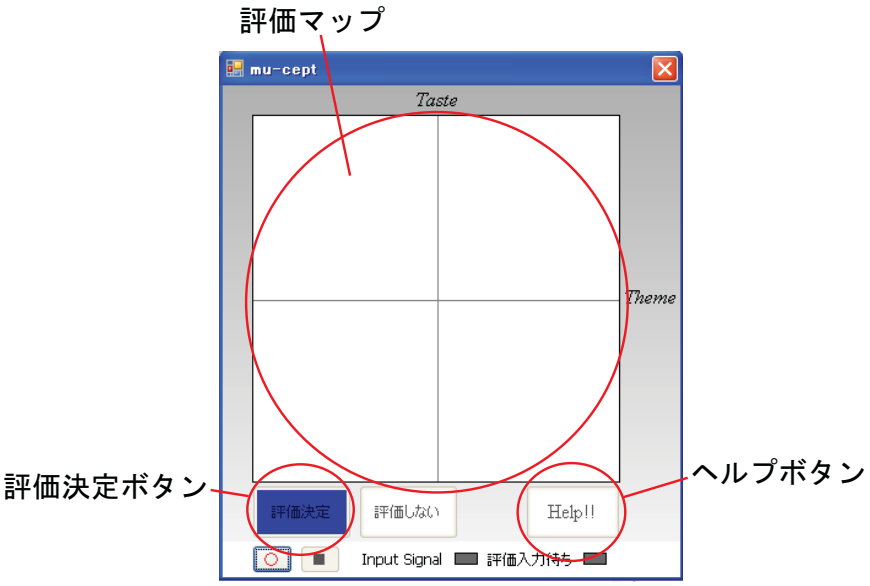

図 2.2　mu-cept のユーザインタフェース

2.2　システム構成

mu-cept は，Microsoft WindowsXP 環境において開発を行った．開発に用いた言語は Visual C #.Net である．mu-cept のユーザインタフェースを図 2.2 に示す．mu-cept は MIDI データの入力を常時監視しており，フレーズ作成過程における演奏データを全て取得する．一定の無音時間を検出すると，1 つのフレーズの入力が終了したとみなし，ユーザにそのフレーズに対する主観評価の入力を求める．主観評価は，評価マップ上でマウスクリックして入力する．フレーズの評価結果は，P**（**はフレーズの通し番号．P5, P13 等）というアイコンで評価マップ上に配置される．X 軸:Theme は「テーマとの合致度合い」，Y 軸:Taste は「好みの度合い」という評価項目に対応している．座標の原点を境に＋側であるほど評価が高く，－側であるほど評価が低いものとする．評価が決定したら，左下の評価決定ボタンをクリックして評価を決定し，次のフレーズ作成に移る．なお，評価決定前であれば，アイコンをドラッグして移動することができる．評価しないボタンは，「頭の中で鳴っているフレーズを弾こうとしたが，間違えてしまった」のときに使用される．

フレーズの評価が決定されると，mu-cept は表 2.1 に示す音楽的特徴量を自動的に抽出する．なお，本システムで扱うフレーズは単旋律を想定している．音高に関する特徴量はすべて入力されたフレーズ中の MIDI ノートナンバーより，また Velocity に関する特徴量は MIDI の Velocity 値より求めている．音長に関する特徴量は，MIDI イベントの入力時刻より求めている．各推移量は，ある音の次に入力された音の各パラメーターとの差である．

mu-cept は，特徴量の抽出終了後，2 つの主観評価のそれぞれについて，特徴量を説明変数として重回帰分析を行う．重回帰分析によって得られた偏回帰係数を参照し，評価に対して影響の大きい順に特徴量をソートする．重回帰分析が行われた後，ユーザインタフェース右下の “Help!!” ボタンが使用可能となり，ユーザは mu-cept からのヒントを参照できるようになる．なお，mu-cept が重回帰分析を行うためには，19 のフレーズデータと評価を必要とする．

表 2.1　抽出される音楽的特徴量

カテゴリー	特徴量の名称
音高	音高平均・音高分散，音高推移量平均・音高推移量分散 最高音高，最低音高，音域
Velocity	Vecocity 平均，Vecocity 分散，Vecocity 推移量平均，Vecocity 分散
音長	音長平均，音長分散，音長推移量平均，音長分散
その他	音数，演奏時間，休符の長さの合計

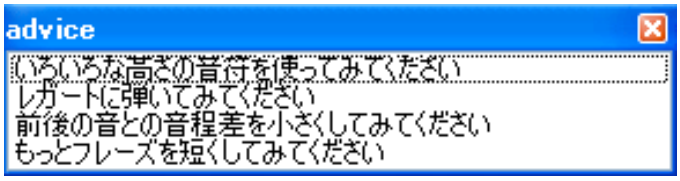

図 2.3　アドバイス提示の一例

2.3　ユーザへの情報提示

“Help!!”ボタンがクリックされると，その時点までに入力された 2 種の評価項目のそれぞれについて評価の平均値を求めて双方を比較し，平均値が低い方の評価項目に関して，これを向上させるようなアドバイスを重回帰分析の結果から導出し，別ウィンドウに表示する（図 2.3）．情報提示のテキストの一覧を表 2.2 に示す．各特徴量に対応する形でテキストを作成している．

情報提示の形式については，予備実験における被験者のコメントが基になっている．予備実験においては，偏回帰係数の大きい特徴量の名称を，そのまま順にリストボックスに提示していたが，被験者から “特徴量をどのように解釈すればよいかわからない” との回答を得たため，アドバイスをわかりやすい文章で提示することとした．また，情報提示の数については，“あまり多く提示されても，戸惑ってしまう” とのコメントを得たため，評価に対して影響の大きい 4 つの特徴量に関する情報提示に限定した．

2.4　予想される mu-cept の効果

mu-cept を使用することにより，以下のような効果があるのではないかと考えている．

1. ユーザは，嗜好もしくはテーマがどの音楽的要素と関係が深いかに気づくことができる．
2. (1) の結果，それまで気づかなかった音楽的要素に着目でき，フレーズ作成の幅が広がる．
3. 各フレーズについて意識して評価することにより，Reflection が強化される．

次章では mu-cept を用いた実験について述べる．

表 2.2　システムから提示される情報提示の一覧

対応している特徴量	情報提示の内容
音数	フレーズ内の音数を増やしてみてください フレーズ内の音数を減らしてみてください
最低音高	フレーズの最低音高を高くしてみてください フレーズの最低音高を低くしてみてください
最高音高	フレーズの最高音高を高くしてみてください フレーズの最高音高を低くしてみてください
音域	フレーズの音域を広くしてみてください フレーズの音域を狭くしてみてください
フレーズの長さ	もっと長いフレーズにしてみてください もっとフレーズを短くしてみてください
休符の長さの合計	もっと歯切れよいフレーズを作ってみてください レガートに弾いてみてください
音高平均	今までよりも高い音域でフレーズを作ってみてください 今までよりも低い音域でフレーズを作ってみてください
音高分散	いろいろな高さの音符を使ってみてください フレーズで使う音高を絞ってみてください
音高推移量平均	前後の音との音高差を大きくしてみてください 前後の音との音高差を小さくしてみてください
音高推移量分散	前後の音との音高差の種類を増やしてみてください 前後の音との音高差の種類を減らしてみてください
Velocity 平均	全体的に強く弾いてみてください 全体的に弱く弾いてみてください
Velocity 分散	もっと音の強さの種類を増やして弾いてみてください 演奏時に弾く強さをそろえてみてください
Velocity 推移量平均	前後の音との抑揚の差をもっとつけて弾いてみてください 隣り合う音との抑揚の差を少なくして弾いてみてください
Velocity 推移量分散	抑揚のつけ方を変化させながら弾いてみてください 同じような抑揚のつけ方で弾いてみてください
音長平均	一つ一つの音の発音時間を長くしてみてください 一つ一つの音の発音時間を短くしてみてください
音長分散	もっといろいろな発音時間の音を使ってみてください 同じような音の長さでフレーズを作ってみてください
音長推移量平均	前後の音との発音時間の違いをもっと大きくしてみてください 前後の音との発音時間の違いを少なくしてみてください
音長推移量分散	前後の音との発音時間の違いの種類を増やしてみてください 前後の音との発音時間の違いの種類を減らしてみてください

第 3 章

実験 1

3.1 実験概要

mu-cept の効果を検証するための被験者実験を実施した．意識的なフレーズ評価の有無，および mu-cept からの情報提示の有無によるフレーズ作成過程の違いを明らかにするため，1 人の被験者につき表 5.1 に示す 3 つの条件で実験を実施した．実験 A は，mu-cept を使用せず，楽器のみを使うごくありふれた環境である．実験 B では，mu-cept を使用し評価を入力しつつフレーズ作成を行うが，mu-cept からの情報提示は行わない．実験 C では，ユーザが行き詰まりを感じた時に，随時 mu-cept の情報提示機能を使用してもらった．

表 3.1　実験環境の比較

	意識的評価	情報提示
実験 A	なし	なし
実験 B	あり	なし
実験 C	あり	あり

実験では 3 名の被験者を用いた．全員が作曲経験者である．被験者のプロフィールを表 5.2 に示す．全て本学の防音室にて実験を行った．実験においては，Think aloud 形式で行い，被験者の様子をビデオ撮影で記録した．また，実験直後に簡単なインタビューを行い，アンケートに回答してもらった．

表 3.2　被験者のプロフィール

	経験のある楽器	作曲歴	DTM 歴
被験者 A	エレクトーン	ごくたまに	触れた程度
被験者 B	ギター ベース ドラム	5 年	3 年
被験者 C	キーボード	15 年	12 年

実験ごとに 1 月〜12 月の月から 1 つをテーマとして選択してもらい，テーマに沿って楽曲を 1 つ作曲するための構成要素となりうるフレーズを作成することを課題とした．被験者が十分にフレーズが溜まったと感じ

たとき，もしくは行き詰まりを感じこれ以上フレーズの作成を行うことができない状況に陥ったときに実験終了とした．被験者が使用する音色は全ての実験においてピアノのみとした．なお，左手で和音を奏でながらフレーズ作成をしたいという要望が被験者全員からあったため，伴奏専用の鍵盤を別途用意している．

3.2 評価手法

情報提示後に作成されたフレーズの評価と特徴量を参照することで，mu-cept からの情報提示がフレーズ作成に反映されたか，および mu-cept からの情報提示によってユーザは評価の高いフレーズを作成することができたかについて分析する．

3.3 実験結果

各被験者が設定したテーマを表 5.3 に示す．

表 3.3 被験者の選択したテーマ

	実験 A	実験 B	実験 C
被験者 A	11 月	8 月	3 月
被験者 B	8 月	10 月	4 月
被験者 C	1 月	9 月	4 月

3.3.1 実験 C における被験者 B

まず，mu-cept の情報提示機能が効果的に用いられたと思われる事例について述べる．被験者 B は，情報提示機能を 3 回使用した．mu-cept は 3 度とも「テーマ」に対して影響のある情報提示を行った．表 3.4 に，提示された情報を示す．被験者 B がこれらの情報提示を参考にしてフレーズの作成を行った結果，実験終了後，図 3.1 に示されている評価マップとなった．

評価マップを参照すると，1 度目の情報提示を経て作成されたフレーズは，情報提示直前に作成されたフレーズに比べ Taste の評価は低くなっているが，Theme の評価はわずかながら高くなった．しかしながら，2 度目と 3 度目の情報提示後に作成されたフレーズは，Taste・Theme のどちらの評価も 1 度目の情報提示後よりも高くなっている．

情報提示前後における特徴量の変化を参照した結果，以下のことがわかった．1 度目の情報提示は 4 つとも音高に関するものであり，この情報を見て被験者は，全ての特徴量が情報提示に従う形で変化したフレーズを作成していた．また，ビデオ撮影された実験風景からも，被験者は提示された情報を頼りにフレーズの作成をしていたことが確認できた．2 度目の情報提示は 4 番目の項目が音数に関するものに入れ替わったが，その後に作成されたフレーズでは音数は特に変化していなかった．3 度目の情報提示は，1 度目と 2 度目の内容が混在しており，その後に作成されたフレーズの特徴量は，2 度目に続いて再度提示された「音数を減らしてください」という情報提示に従う形で変化していた．

情報提示の内容について，実験後にインタビューを行った．1 度目の情報提示については “全て試みてみたが，特に役に立たなかった” というコメントを得た．2 度目の情報提示に関しては「音高に関する情報提示は

表 3.4　mu-cept から被験者 B への情報提示

1 度目	フレーズの最低音高を高くしてみてください フレーズの最高音高を低くしてみてください もっと高い音域でフレーズを作ってみてください 前後の音との音高差を小さくしてみてください
2 度目	フレーズの最低音高を低くしてみてください フレーズの最高音高を低くしてみてください もっと高い音域でフレーズを作ってみてください フレーズ内の音数を減らしてみてください
3 度目	フレーズの最低音高を低くしてみてください フレーズの音域を狭くしてみてください もっと高い音域でフレーズを作ってみてください フレーズ内の音数を減らしてみてください

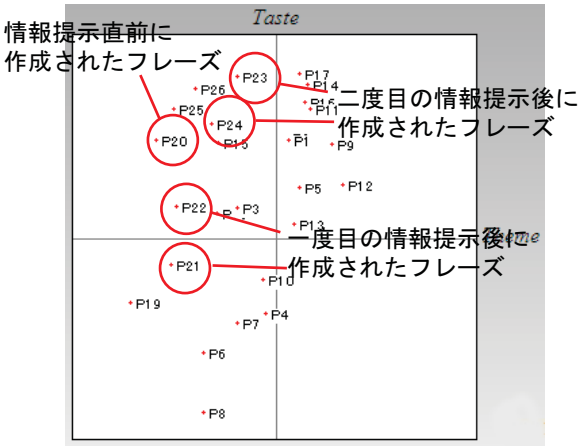

図 3.1　実験 C における被験者 B の最終的な評価マップ

役に立たなかったが，“音数を減らしてください” という情報提示に従ったら，シンプルなメロディーを作成でき，好みのフレーズに近づいた」というコメントを得た．mu-cept がフレーズ作成に貢献した例ではあるが，「テーマに沿ったフレーズ作成はそれでも難しかった」とも被験者は述べている．なお，“2 度目，3 度目ともに 4 つの情報提示のうち 3 つはそれ以前の情報提示の内容と同様であったので，発見がなかった” という指摘を受けた．

次に mu-cept の情報提示機能が効果的に用いられなかったと思われる事例について述べる．

3.3.2　実験 C における被験者 C

被験者 C は，1 度だけ情報提示機能を使用した．mu-cept は「テーマ」に対して影響のある情報提示を行った．表 3.5 に，提示された情報を示す．被験者 C がこれらの情報提示を参考にしてフレーズの作成を行った結果，実験終了後，図 3.2 の評価マップとなった．

表 3.5　mu-cept から被験者 C への情報提示

1 度目	フレーズの音域を広くしてみてください 前後の音との発音時間の違いを少なくしてみてください 前後の音との音高差を大きくしてみてください フレーズの最低音高を低くしてみてください

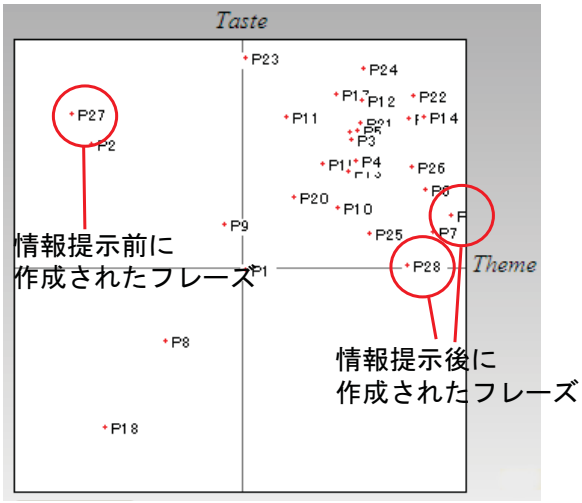

図 3.2　実験 C における被験者 C の最終的な評価マップ

情報提示後に作成されたフレーズは，情報提示直前に作成したフレーズよりもテーマの評価が増加している（嗜好の評価は減少している）．また，もう 1 つあとに作成されたフレーズ（P29）は，さらに評価が高いものとなっている．だが，情報提示後に入力されたフレーズの特徴量に情報提示の内容が反映されているとは言いがたく，情報提示の効果は数値からは見出せなかった．

実験後のインタビューでは，“1〜3 番目に提示された情報は，意識的にそのようにして作曲をしていたことがそのまま提示されたので，ヒントとしては特に役に立たなかった” というコメントを得た．なお，4 番目に提示された情報に関しては “そうしたほうがいいかもしれないと思っていたことが提示され，改めて確認させてくれた” というコメントを得た．

3.3.3　実験 C における被験者 A

被験者 A の実験においては，実験終了後に図 3.3 の評価マップとなった．被験者 A は，情報提示可能な段階までフレーズの評価を入力することができず，情報提示機能を使うことができなかった．行き詰まりの主な原因としては，被験者 A はまずコード進行を決定してからフレーズを作成する作曲スタイルであるのだが，和音もしくは調が決定されず，暫定的に決めてフレーズ作成を行っていたことをに起因している．実験後のインタビューでは「評価をする際に，弾いた音全てがシステムの処理に活用されると思うと評価がしにくい」というコメントを得た．

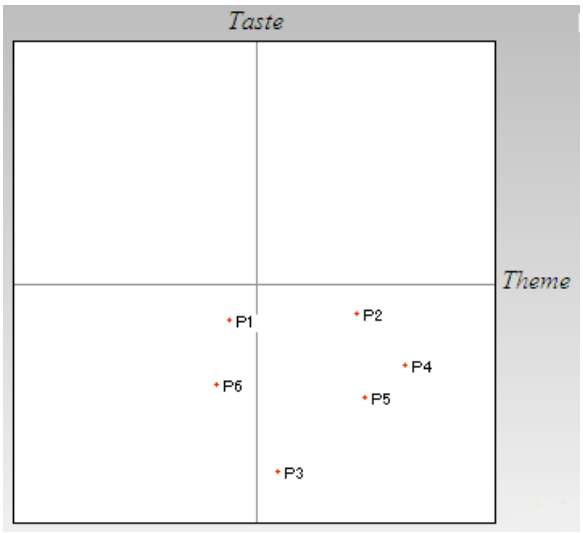

図 3.3　実験 C における被験者 A の最終的な評価マップ

表 3.6　アンケートから得られた mu-cept の評価

	設問 1	設問 2	設問 3
被験者 A	2	—	—
被験者 B	3	3	4
被験者 C	2	4	3

3.4　実験後に行ったアンケートおよびインタビューの結果

アンケートでは以下のような設問を設けた．

1. システムを快適に使うことができたか？
2. 提示された情報はわかりやすかったか？
3. 提示された情報は役に立ったか？

アンケート結果を表 3.6 に記す．評価はすべて 5 段階評価である．数値が大きければ評価が高い．被験者 A に関しては，先述の通り情報提示機能が使用されなかったため，設問 2 と 3 に対する回答はなされていない．

被験者に対し，実験 B 実施後に，フレーズを意識的に評価しつつフレーズ作成を進めていく手法に関してインタビューを行った結果，以下のようなコメントを得た．

- 溜めたフレーズが 2 次元にプロットしてあるのは，後で聴き直したりするときなど活用できそう．
- 少しずつフレーズを手直ししながら作曲を進めて行く場合，まずどのフレーズを手直しすべきかよくわかる．
- 自分の偏り具合が何となくわかる．
- 自分の作った曲全てをライブラリ化してみたい．

- 途中まで良くて，終わりの方で今ひとつな印象になってしまった時等，フレーズをどう評価していいか戸惑った．
- フレーズを作成するごとに評価を入力するのでは，創作に専念できないので，まとめて評価の入力をさせて欲しい．

加えてビデオ撮影された実験風景から，実験 B と実験 C における被験者 C の実験においては，実験中に考え込んだとき，もしくはフレーズの評価を入力し終えて次のフレーズ作成を開始する前等，評価を入力するとき以外でも評価マップを見るという行動が何度か観察されている．

システムの動作に関しては，フレーズの入力方法に関して，“フレーズを自動で区切られたくない．自分でフレーズの長さを設定させてほしい” という要望があった．

3.5 考察

フレーズの評価をフレーズ入力毎に入力していく方法について，実験後に行ったインタビューからは，フレーズを意識して評価することによるメリットも認識されている反面，評価を毎回入力していく作業は，ユーザに対して比較的高い負荷を強いている可能性がうかがえる．

情報提示に関しては，実験 C における被験者 C のコメントから，mu-cept を使用することによって，自分の作成したフレーズの傾向を知ることができるのではないかと考えられる．mu-cept が行う情報提示は，重回帰分析で得られた重回帰式における，偏回帰係数の絶対値の大小によって決定され，評価にたいして寄与の大きい特徴量に関する情報提示が行われている．このうち，特に嗜好やテーマとの一致度合いと強い相関を持つ特徴量については，ユーザにとって自明である可能性がある．ゆえに，現在陥っている行き詰まりから脱却させる場合，偏回帰係数がやや小さな特徴量に関する情報提示を行う方が，ユーザが陥っている行き詰まりからの脱却に有効である可能性がある．このことは，同実験における被験者 B のコメントからも示唆される．役に立ったというコメントが得られたのは 4 番目に提示された項目であるからである．

課題としては，第 1 に，被験者 B が指摘しているように，何度も情報提示機能を使う場合，同じアドバイスが繰り返しシステムから提示されると，はまり込みの脱却支援として効果が薄くなることがあげられる．第 2 に，評価が他のフレーズと大きく異なる「外れ値フレーズ」が入力されると，そのフレーズが持つ特徴量の影響が支配的となり，全体的傾向を適切に得られなくなるという問題がある．

第 4 章

追加機能

実験 1 の後，実験 C における被験者 A のような行き詰まりにも対応すべく，mu-cept の改良を行い，和音に関する特徴量の追加を行った．追加した特徴量に関しては表 4.1 を参照されたい．特徴量を追加したことにより，23 のフレーズデータと評価が重回帰分析に必要となった．特徴量の追加に伴って追加された情報提示の項目については，表 4.2 を参照されたい．

音の機能に関する特徴量に関しては，以下の手順で求めている．宮下らが提案したクロマプロファイル [2] を踏まえ，フレーズ中の全ての音を 1 オクターブ内に存在する 12 個の音名に分類する．次に 12 個の音名それぞれをルート音とする，長調と短調のトニックコード[*1]に含まれる音の頻度を求め，調性の認識を行う．以上の手順を経た後，フレーズ中の音を機能別に分類し，頻度を求めている．音の分類においては，西本らの研究 [3] で用いられている分類を参考にし，無彩色コード音[*2]，有彩色コード音[*3]，テンション音[*4]，アウト音[*5]という 4 つのカテゴリーに分類を行った．

さらに，実験 1 の後に行った考察[*6]を踏まえ，情報提示内容に若干の変更を加えた．実験 1 の段階では，嗜好やテーマとの相関の強い偏回帰係数上位 4 項目に関する情報提示を行っていたが，本実験に臨むにあたって，嗜好やテーマとの相関の強い偏回帰係数上位 2 番目〜5 番目の項目に関する情報提示を行う仕組みとした．情報提示内容の変更を僅かに留めたのは，考察内容[*7]を検証する必要もあると考えられるからである．

[*1] トニックコードは，調性の特徴がはっきりと現れているコード

[*2] 1 度と 5 度の音

[*3] 3 度と 7 度の音

[*4] 2 度，4 度，6 度の音

[*5] 無彩色，有彩色，テンション音のいずれにも含まれない音

[*6] 現在陥っている行き詰まりから脱却させる場合, 偏回帰係数がやや小さな特徴量に関する情報提示を行う方が, ユーザが陥っている行き詰まりからの脱却に有効である可能性がある

[*7] mu-cept を使用することによって, 自分の作成したフレーズの傾向を知ることができるのではないかと考えられる

表 4.1　追加された音楽的特徴量

カテゴリー	特徴量の名称
音の機能	無彩色コード音の頻度，有彩色コード音の頻度， テンション音の頻度，アウト音の頻度

表 4.2　追加された情報提示の一覧

対応している特徴量	情報提示の内容
1 度と 5 度の音の頻度	スケール中の 1 度と 5 度の音をもっと増やしてみてください スケール中の 1 度と 5 度の音を減らしてみてください
3 度と 7 度の音の頻度	スケール中 3 度と 7 度の音を増やしてみてください スケール中の 3 度と 7 度の音を減らしてみてください
2,4,6 度の音 (テンションノート) の頻度,	スケール中のテンション音を増やしてみてください スケール中のテンション音を減らしてみてください
アウト音の頻度	スケールに対するアウト音を増やしてみてください スケールに対するアウト音を減らしてみてください

第 5 章

実験 2

5.1　実験概要

mu-cept の効果を検証するための被験者実験を実施した．実験 1 と同様，1 人の被験者につき表 5.1 に示す 3 つの環境で実験を実施した．

表 5.1　実験環境の比較

	意識的評価	情報提示
実験 A	なし	なし
実験 B	あり	なし
実験 C	あり	あり

実験 2 では 2 名の被験者を用いた．実験 2 においては，過去 10 年以上クラシックピアノを習っていたが，作曲経験がない，もしくは半年程度という被験者を用いた．被験者のプロフィールを表 5.2 に示す．全て本学の防音室にて実験を行った．実験においては，Think aloud 形式で行い，被験者の様子をビデオ撮影で記録した．また，実験直後に簡単なインタビューを行い，アンケートに回答してもらった．

表 5.2　被験者のプロフィール

	経験のある楽器	作曲歴	DTM 歴
被験者 D	ピアノ	半年	ー
被験者 E	ピアノ	ー	ー

実験 1 と同様，実験ごとに 1 月〜12 月の月から 1 つをテーマとして選択してもらい，テーマに沿って楽曲を 1 つ作曲するための構成要素となりうるフレーズを作成することを課題とした．被験者が十分にフレーズが溜まったと感じたとき，もしくは行き詰まりを感じこれ以上フレーズの作成を行うことができない状況に陥ったときに実験終了とした．被験者が使用する音色は全ての実験においてピアノのみとした．実験 1 の段階で，左手で和音を奏でながらフレーズ作成をしたいという要望が被験者全員からあったため．実験 2 においてははあらかじめ脇に伴奏専用の鍵盤を別途用意している．

5.2 評価手法

まず実験 1 と同様，情報提示後に作成されたフレーズの評価と特徴量を参照することで，mu-cept からの情報提示がフレーズ作成に反映されたか，および mu-cept からの情報提示によってユーザは評価の高いフレーズを作成することができたかについて分析する．

さらに実験 2 ではビデオ撮影された実験風景より、発話分析を行い，ユーザのフレーズ作成時への影響を検証する．

5.3 実験結果

各被験者が設定したテーマを表 5.3 に示す．

表 5.3 被験者が選択したテーマ

	実験 A	実験 B	実験 C
被験者 D	4 月	1 月	8 月
被験者 E	10 月	2 月	12 月

5.3.1 実験 C における被験者 D

被験者 D は，情報提示機能を 52 回使用した．被験者 D は情報提示が可能となってから，フレーズを入力する度に情報提示機能を使用していた．なお，mu-cept はすべて Taste:嗜好に対して影響のある情報提示を行った．情報提示の内容は付録を参照されたい．被験者 B がこれらの情報提示を参考にしてフレーズの作成を行った結果，実験終了後，図 3.1 に示されている評価マップとなった．

情報提示直後に作成されたフレーズの評価を参照すると，52 回中，28 のフレーズが評価マップの第一象限に属するフレーズであった．第一象限に入るフレーズが僅かながら半数を超えており，しかも情報提示機能使用前には第一象限に属するフレーズが殆どなかったため，おおむね支援は成功していると思われる．アドバイスの 5 割が評価の増加に寄与していた．

情報提示後に作成されたフレーズの特徴量を参照したところ，音高に関する特徴量は情報提示に従う形で変化していた．

実験中に mu-cept が被験者に行った情報提示について，実験後にインタビューを行ったところ，「スケール中の 1 度と 5 度の音を増やしてみてください」等の音の機能に関する項目は，“説明されればわかるが，すぐにイメージできないため，殆ど意識していない” とのコメントを得た．

5.3.2 実験 C における被験者 E

被験者 E は，情報提示機能を 8 回使用した．被験者 E も被験者 D と同様，mu-cept が情報提示可能な状態となってからフレーズを入力する度に情報提示機能を使用しており，mu-cept はすべて「テーマ」に大して影響のある情報提示を行った．

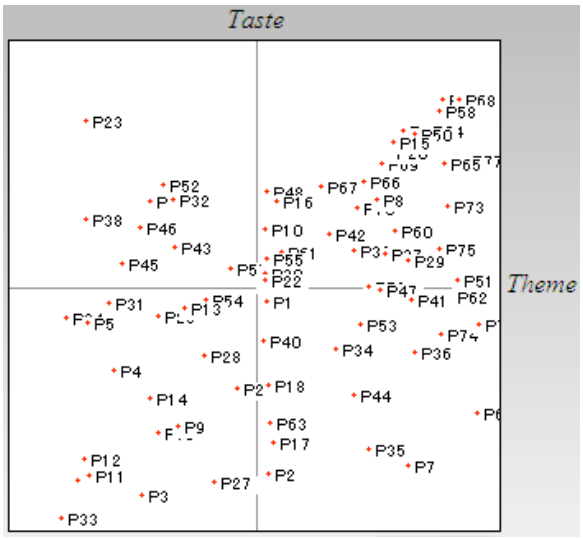

図 5.1　実験 C における被験者 D の最終的な評価マップ

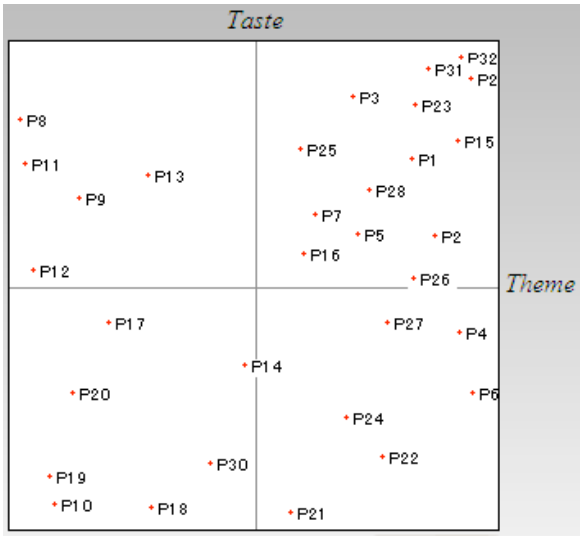

図 5.2　実験 C における被験者 E の最終的な評価マップ

8 回の情報提示後に作成された 8 つのフレーズ中、5 つが第一象限に属するフレーズであった．アドバイスの 5 割強が評価の増加に寄与しており，おおむね支援は成功していると思われる．

被験者 E は他の被験者とは異なったシステムの使い方をしていた．具体的には，既存の曲のフレーズを思い出して演奏し，それを現在作ろうとしているテーマと照らし合わせて評価を入力していた．ある程度自分の好きなフレーズを引き終わった後，自分のフレーズ作成を開始していた．実験 1 後の考察[*1]を踏まえると，被験者 E は mu-cept を，自分の好きなフレーズの要素を解析するために使用していたと考えられる．

実験後に行ったインタビューでは，被験者 D と同様に音の機能に関する情報提示は意識していないとのコメントを得た．

[*1] mu-cept を使用することによって, 自分の作成したフレーズの傾向を知ることができるのではないかと考えられる

表 5.4　アンケートから得られた mu-cept の評価

	設問 1	設問 2	設問 3
被験者 D	4	4	3
被験者 E	5	4	5

5.4　実験後に行ったアンケートおよびインタビューの結果

実験 2 においても実験 1 と同様にアンケートを実施した．以下のような設問を設けた．

1. システムを快適に使うことができたか？
2. 提示された情報はわかりやすかったか？
3. 提示された情報は役に立ったか？

アンケート結果を表 5.4 に記す．評価はすべて 5 段階評価である．数値が大きければ評価が高い．

被験者に対し，実験 B 実施後に，フレーズを意識的に評価しつつフレーズ作成を進めていく手法に関してインタビューを行った結果，以下のようなコメントを得た．

- 自分の中で出したい音，欲しい音がどういうものか，イメージしやすくなった．
- 目標のようなものが明確になった．
- 最初はフレーズの評価がしにくかったが，何度もフレーズの作成を繰り返すことにより，気軽に評価をすることができるようになった．

実験 1 で確認された被験者 C と同様の行動[*2]が，実験 B と実験 C における被験者 E の実験において，ビデオ撮影された実験風景，そして記録された発話より確認できた．

5.5　考察

まず課題点としては，音の機能に関する情報提示が殆ど意識されていなかったという点である．理由としては，他の情報提示内容が何となく解釈できるものであることに対比して，音楽理論に基づいた情報提示であるがために，提示されて即座にイメージしにくいことが考えられる．実験 1 の時と同様の課題点としては，何度も同じ情報提示が行われていたという点である．今後、システムの改良に努めたい．

被験者 E における実験においては，mu-cept の別の使用方法が見られた．被験者 E の使用法であれば，オリジナルのフレーズを多く入力せずとも，情報提示が可能となり，他の作曲初心者への支援にも繋がると考えられる．また，実験 1 における被験者 A の事例にも対応可能である．場合によってはフレーズデータベースを構築し，mu-cept と連携させて運用することが考えられる．

[*2] 実験中に考え込んだとき，もしくはフレーズの評価を入力し終えて次のフレーズ作成を開始する前等，評価を入力するとき以外でも評価マップを見て，フレーズについて考える行動

第 6 章

関連研究

本章では，本研究に関連すると思われる研究について幾つか詳述する．

6.1 作曲に於ける行き詰まりを脱却することを目的としたシステム

6.1.1 MACCS

作曲における行き詰まり状態からの脱却を支援することを目的とした研究として，網谷らの研究 [4] が挙げられる．この研究で構築されている MACCS は，フレーズ相互の関係を 2 次元空間上での位置関係として可視化することで，楽曲の部分と全体の関わりに関する作曲者の思考を促し，これにより行き詰まりからの脱却支援を試みるシステムである．このシステムが支援する段階は，おそらく mu-cept が支援する段階の 1 つ下流に位置するものであると思われる．ゆえに，たとえば mu-cept でフレーズ作成を行い，その後 mu-cept の評価マップの第 1 象限に対して網谷らのシステムを適用することにより，フレーズ作成から楽曲全体の作成までを一貫して支援できるようになると思われる．

6.2 ユーザの主観評価，印象を入力して楽曲を生成させるシステム

6.2.1 システムにユーザの主観評価を入力して楽曲を生成させるシステム

mu-cept と同様に，ユーザの主観評価を活用する作曲システムとしては，畦原らの研究 [5] が挙げられる．畦原らは，インタラクティブ GA に基づく自動作曲システムに対して，ユーザの嗜好を反映させるために，自動生成されたフレーズの評価を入力させている．ただしこの研究においては，ユーザ自身がフレーズの作成を行ってはおらず，フレーズ作成の支援も行っていない．

6.2.2 ユーザに任意の言葉を入力させて楽曲を生成させるシステム

芳村らは，システムに任意の言葉を入力し，その言葉の印象を音楽心理学に基づいて表現する楽曲を自動生成する為の方式について述べている [6]．芳村らは，先行研究において音楽心理学社 Hevner の研究成果を用い，与えられた言葉と音楽に関する印象語群との関係を計量し，楽曲構造の相関を求め，任意の言葉からの楽曲自動生成を実現するための手法について示している．だがこの研究においても，畦原らの研究と同様，ユーザ自身のフレーズ作成行為に対して支援を行っていない．

6.3 即興演奏に於けるフレーズ作成支援を行うシステム

6.3.1 Music-AIDE

人によるフレーズ作成を支援するシステムとしては，Music-AIDE [3] がある．Music-AIDE は，システムに入力されたフレーズとその構成要素を，相対尺度法を用いて空間上に配置し，関係を明らかにすることによって，即興演奏における旋律創作のルールやヒントを提示している．ただし，ユーザの主観評価とフレーズの特徴量との関連は扱われていない．

6.3.2 音の表情に関する要素の時系列的特徴をユーザに提示するシステム

白崎は、音の強弱や音の長さ等，音の表情に関する要素の時系列的特徴を求め，可視化してユーザに提示することによってフレーズ作成を支援している [7] ．この研究も西本らの研究と同様，主観評価とフレーズの特徴量との関連は扱われていない．

6.4 その他

6.4.1 Continuator

PACHET らによる Continuator [8] は，システムが演奏者のフレーズから特徴量を抽出し，似たようなフレーズを自動生成するシステムである．このシステムを用いた実験においては，ユーザがシステムが生成したフレーズから刺激を受けて新たなフレーズを生み出すという事例が報告されている．

第 7 章

まとめと今後の展望

7.1 まとめと今後の展望

本論文ではユーザの嗜好と意図を音楽的特徴量と関連づけ，フレーズ作成段階における行き詰まりからの脱却を支援するシステム “mu-cept” の実装と評価を行った．評価にあたっては，mu-cept の情報提示の効果とフレーズの評価を外在化することによる作曲過程への影響の検証を行った．

実験の結果，mu-cept を使用することによって，自分 の作成したフレーズの傾向を知ることができるのではないかという結論に至った．また，フレーズ作成支援の為には，得られた重回帰式における偏回帰係数があまり多くない特徴量に関する情報提示をすることが支援に繋がる可能性があることがわかった．作曲経験の殆どない被験者を用いた実験においては，mu-cept の新たな使用法が示唆された．フレーズの評価を外在化する手法については，ユーザにかかる負荷を考慮する必要があるが，効果もあるという結論に至った．課題点としては，mu-cept から何度も同じような情報提示が行われてしまうことが挙げられる．今後、改良に努めたい．

今後は和音入力の対応，midi データの読み込み機能，鼻歌入力機能など付加機能の実装等，システム面での改良を進めていくとともに，様々なスキルの被験者を用いた実験を行い，システムの効果を検証して行く予定である．

参考文献

[1] 中川 渉, 蔵川 圭, 中小路 久美代：作曲過程のモデル化と作曲支援インタラクティブシステムの提案:情報処理学会研究報告. [音楽情報科学]Vol.2001, No.16 ． pp.105-112，2001.

[2] 宮下芳明，西本一志：MIDI データからのクロマプロファイルの抽出と分析，情処研報 2003-MUS-51, pp.97-101, 2003.

[3] 西本 一志, 間瀬 健二, 中津 良平:フレーズと音楽プリミティブの相互関係の可視化による旋律創作支援の試み:情報処理学会論文誌 Vol.40,No.2．pp.687-697，1999.

[4] 網谷 重紀, 堀 浩一:作曲者のメンタルスペースの外在化による作曲支援環境の研究:情報処理学会論文誌 Vol.42,No.10．pp. 2369-2378，2001.

[5] 畦原 宗之, 鬼沢 武久: インタラクティブ作曲支援システム-ユーザーの負担の軽減: 第 17 回人工知能学会全国大会講演論文集, pp.1B4-05, Jun, 2003.

[6] 芳村 亮, 中西 崇文, 北川 高嗣 :任意の言葉の印象と音楽心理学に基づく楽曲自動生成方式:電子情報通信学会 第 18 回データ工学ワークショップ論文集，2007.

[7] 白崎 隆史:演奏状況の視覚化によるフレーズ創出支援システムの構築:北陸先端科学技術大学院大学 修士論文，2003.

[8] FRANCOIS PACHET and ANNA RITA ADDESSI「When Children Reflect on Their Playing Style:Experiments with the Continuator and Children」ACM Computers in Entertainment， Vol. 2， No. 2， Article 05，January 2004.

付録 A

謝辞

研究の指導をしてくださった西本一志教授に心から感謝を致します．西本教授でなければ，私のこの研究は身を結ばなかったと思います．次に，私と同じ研究室の空気を吸って生活した同期，先輩，後輩らにも感謝致します．ときに励まされ，ときに厳しい指摘を受け，大学院における研究生活で多くの刺激を受けることができました．

最後に，私に学問の機会を与えてくれた両親に，心から感謝の意を表明したいと思います．

付録 B

mu-cept が行った情報提示

B.0.1　実験 C における被験者 D に対して行われた情報提示

添付資料参照

B.0.2　実験 C における被験者 E に対して行われた情報提示

添付資料参照