

図8 手の動きに関するパーツの設定画面

図8に、手の動きを選択・設定する際の画面を示す。選択できるパーツの一覧は①に一覧表示される。この中から目的のパーツを選択し、編集中の手話単語や手話文に登録を行うことができる。②は、手の種類を選択する箇所である。手の動きおよび形状については、左右別々に、あるいは両手に対して同時に同じパーツを設定することが可能となっている。また、手の動きを両手に設定する場合は、動きを左右並行にするか、対称にするかを選択することができる。これらの機能は両手を使用する手話の特性に基づき、その動作を効率的に作成することを目的として実装している。

③では、各パーツに付随するパラメータを設定する。パラメータの種類はパーツの種類毎に定義されている。以下にパラメータの種類を記す。

- ・全パーツ共通パラメータ：  
繰り返し回数、開始時刻、時間長
- ・手の動きのパラメータ：  
開始位置、大きさ、角度、相対位置(両手の場合)、肘の角度
- ・手の形状のパラメータ：  
手の向き、割合
- ・表情(眉・目)のパラメータ：  
割合
- ・表情(口)のパラメータ：  
割合
- ・頭の動きのパラメータ：  
割合
- ・身振りのパラメータ：  
割合
- ・体の位置・向きのパラメータ：  
体の方向、体の位置

また、特殊なパーツとして、

- ・補間
- ・ポーズ

の2種類のパーツを用意している。補間は、ある姿勢から次の姿勢までの間の遷移姿勢を指定された時間長に合わせて自動的に生成するパーツである。姿勢を遷移させる速度モデルとして、

- ・等速度運動
- ・加速度運動

の2種類のモデルを選択することができる。また、手の動きの補間を行う場合は、衝突防止を実現するため、複数の軌道モデルを用意し、補間を新規に登録する場合に自動的に最適なモデルを選択すると共に、ユーザが手動で変更することも可能としている。手の動きの補間に関しては、大きさおよび回転角度をパラメータとして設定することができる。一方、ポーズは、あるパーツの前後の姿勢を指定された時間長の間、保持するパーツである。特に手話文を表現する場合に頻繁に現れる「間」を表現するために重要なパーツである。

## (2)動作による手話の検索

新しい手話単語を作成する場合、既に作成した手話単語の中から、類似した動作を有する手話単語を修正することにより、手話単語編集作業の効率化を図ることが可能となる。これを実現するため、開発したツールでは、動作からの検索機能として、手話単語に登録されたパーツを条件とした検索機能を実装した。動作からの検索機能は、手話単語辞書管理ツール、手話単語作成ツールおよび手話文作成ツールで使用することができる。

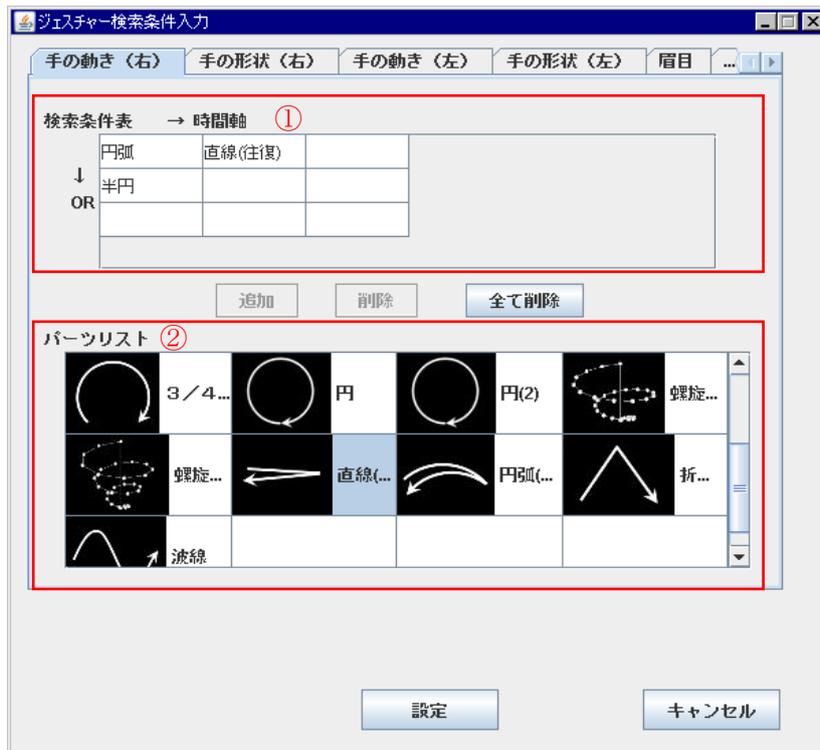


図9 動作による手話検索時の検索条件設定画面

動作からの検索機能を利用する場合は、まず、検索条件とするパーツの組み合わせを設定する。図9に、検索条件の設定画面を示す。①には条件として設定されているパーツの一覧が表形式で表示される。この表において、同一の列に登録されているパーツは、列中のいずれかのパーツが存在すれば条件にマッチすると判断される。図9では、「円弧」あるいは「半円」が手話単語中に存在すれば条件にマッチすると判断される。一方、表の横方向はパーツが連続して現れる条件(時間軸)を表しており、各列の条件を満たすパーツが連続して現れる手話単語の場合、条件にマッチすると判定される。よって、図9に示す条件では、「円弧」あるいは「半円」が現れ、次に「直線(往復)」というパーツが含まれている手話単語が検索されることになる。

また、②の箇所には手話単語作成ツールおよび手話文作成ツールで使用されるパーツの一覧が表示されている。この一覧中で検索条件として設定したいパーツを選択すると、①の表中で選択された位置に設定することができる。検索条件は、パーツの種類毎に、同様の方法で設定することができる。複数種類のパーツに対して検索条件を設定した場合は、設定した全ての検索条件にマッチする手話単語のみが検索結果として表示される。

### (3) 手の移動における衝突回避

手の動きにおいて、「補間」パーツを新規に挿入する際に、左右の手の衝突を検出し、衝突が発生する場合は自動的に衝突が発生しない経路を選択する機能を実装した。手の衝突を検出する典型的な手

法は、左右の手のCGを構成する多角形の交わりを一つ一つ確認し、交わりが存在する場合、衝突が発生すると判断する方法がある。しかし、多角形を一つ一つ確認する方法は時間を要するという問題がある。また、衝突が発生しない軌道を求める場合、一時刻(フレーム)ずつ手の位置を設定し、衝突の有無を判定する必要があり、さらに時間を要することになる。この結果、「補間」パーツの挿入時に待ち時間が発生することになり、編集効率の向上を目指すツールの機能としては望ましくないと考えられる。そこで今回開発したツールでは、簡便な方式による手の衝突判定を採用すると共に、衝突回避に用いる手の軌道をあらかじめ定義しておき、それらの中から最適なものを選択することにより、高速な自動補間機能を実現している。

左右の手の衝突判定方式としては、まず、手のCGを構成する多角形の頂点座標の各軸における最小値および最大値を求めることにより、それぞれ手の外接直方体を求める。次に、左右の手の外接直方体の重なり部分を求め、重なりがある場合に衝突が発生していると判定する。また、重なり部分の大きさは、左右の手の重なり度として、軌道パターンの決定の際に使用する。上記によって求めた外接直方体を用いて衝突判定を行う場合、手が斜めになっている場合などにおいて、実際には衝突が発生していても衝突発生と判定される場合もあるが、両手の距離が多少大きく離れて動作する結果になるのみであり、動作としての不自然さは少ないことから、本方式を採用することとした。

また手の軌道パターンとしては、手のさまざまな位置関係に対応することを考慮し、以下の8種類を用意した。

- 直線  
基本となる軌道パターン。
- 円弧(1/4円)  
直線パターンから滑らかに膨らんだ軌道。  

- 円弧(1/2円)  
始点および終点において、大きく膨らむ軌道。  

- 円弧(3/4円)  
始点および終点において、一方の手を大きく回り込む軌道。  

- ハート型1  
始点で大きく膨らみ、終点に向かって滑らかに移動する軌道。  

- ハート型2  
始点から滑らかに膨らみ、終点付近で大きく膨らむ軌道。  

- ハート型3  
始点において一方の手を大きく回りこみ、終点

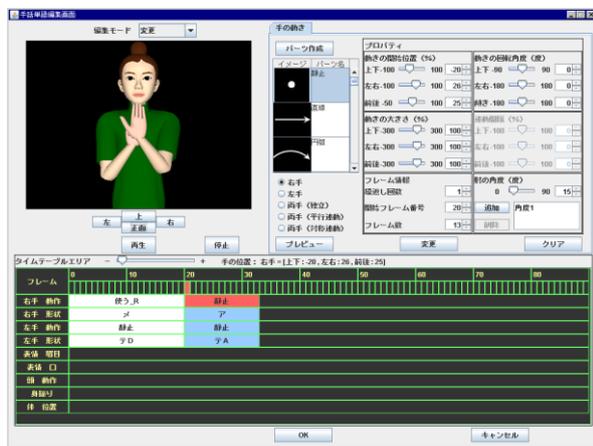
に向かって滑らかに移動する軌道。

- ハート型4  
始点から滑らかに膨らみ、終点付近で、一方の手を大きく回りこむ軌道。  

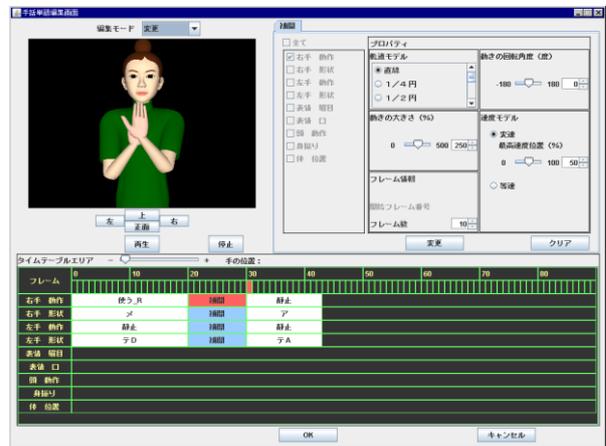

以上の軌道パターンの内、直線以外については、膨らむ大きさおよび膨らむ方向をパラメータとして設定することができるようになっている。

補間挿入時の処理としては、まず、両方の手に直線の軌道パターンを適用した軌道を生成する。この際、手の形状や身振りなど、手の動き以外のパーツで設定済みのものを全て適用した後、軌道の生成を行う。次に、補間区間中に各時刻において、上述した衝突判定方式を適用し、衝突の有無を調べる。

衝突が検出された場合、軌道パターン毎に、軌道が膨らむ大きさおよび膨らむ方向をあらかじめ定めた割合で変化させながら手の重なり度を求め、軌道パターン毎に最も重なり度が小さくなるパラメータの組み合わせを求める。全ての軌道パターンに対して同様の処理を行い、最も手の重なり度が小さくなる軌道とそのパラメータを用いて、補間区間の軌道を生成する。



(a)挿入前



(b)挿入後

図10 補間パーツの挿入の様子

図10に、補間パーツの挿入を実行した際の一例を示す。図10では、20フレーム目から10フレーム分の補間が左右の手の動きおよび手の形状に対して挿入されている。また図11および図12に、自動衝突回避処理を適用した場合と直線パターンのみを適用した場合の補間区間における両手の関係の一例を示す。図11および図12は、図10で示した補間区間における両手の関係であり、図11の4フレーム目において、自動衝突回避処理によって選択された軌道の効果により、両手の間隔が直線パターンによって補間を行った場合に比べて大きくなっている。さらに図12に示す7フレーム目では、直線パターンの場合は図12(b)に示すように、右手の人差指が左手の親指根元に食い込む形で衝突が発生しているが、自動衝突回避処理を用いた場合は、図12(a)のように、衝突が回避され、右手がうまく左手の後方に回り込む軌道が生成されている。

以上、今回開発したツールに実装した両手の自動衝突回避機能について説明したが、実装した方式では衝突は回避されるが最適な軌道が選択されない

場合も生じる。このため開発したツールでは、自動的に軌道が設定された後、軌道パターンの種類および軌道の膨らみの大きさ、方向のパラメータを手動で変更することも可能としている。

#### (4) 文法的な変化情報の登録

手話単語が手話文中で表現される場合、表現される位置や動作の方向など、一部の要素が文脈によって変化する場合が多く見られる。この現象に対応し、効率的に手話文の編集を行うために、手話文作成ツールでは、手話単語に対して、文脈によって変化する要素に関するパラメータを設定できるようにしている。

図13に、手話単語に関するパラメータの設定画面を示す。図13に示すように、手話単語に対しては、

- ・ 開始位置
- ・ 大きさ(動きの範囲の変更)
- ・ 回転角度(動きの方向)
- ・ 繰り返し回数
- ・ フレーム数(時間長)



(a) 自動衝突回避処理を適用

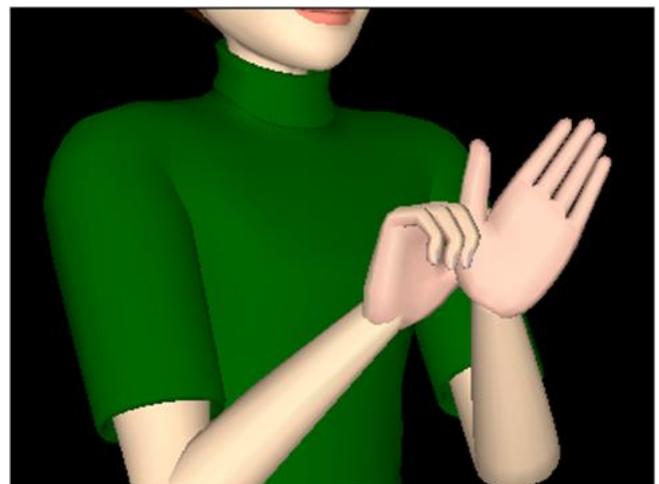


(b) 左右共に直線パターンを適用

図11 補間区間の4フレーム目の両手の関係



(a) 自動衝突回避処理を適用



(b) 左右共に直線パターンを適用

図12 補間区間の7フレーム目の両手の関係

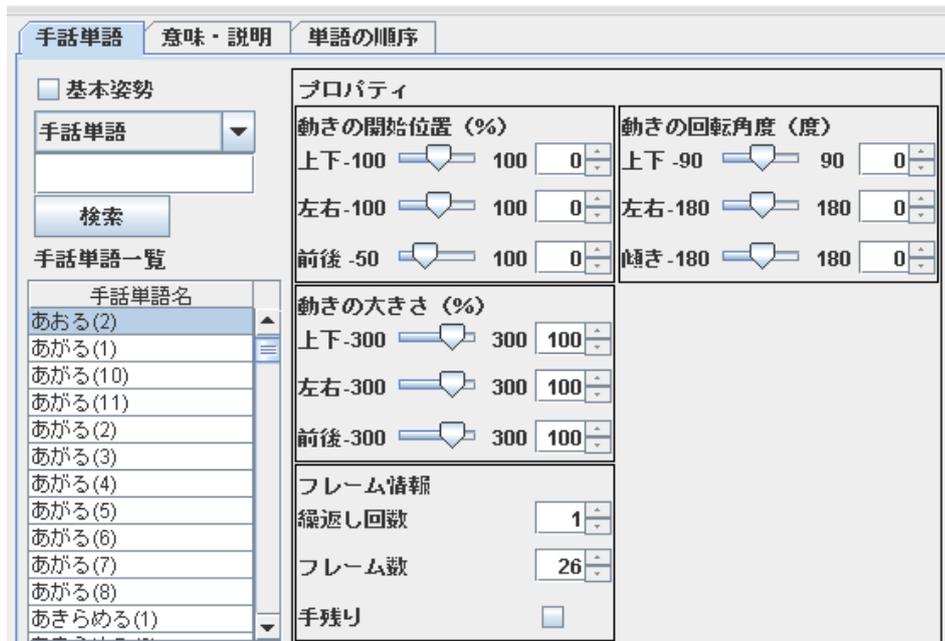


図13 手話文編集における手話単語のパラメータ設定画面



(a) 元の手動き



(b) 開始位置を変化させた場合



(c) 大きさを変化させた場合

図14 パラメータを変更した場合の手動きの変化

・手残りの有無  
の6種類のパラメータの設定が可能となっている。  
「手残り」とは、対象としている手話単語が片手手話であり、直前の手話単語が両手手話であった場合、対象としている手話単語で使わない手が直前の両

手手話の姿勢を保持したままになるという、手話特有の現象の一つである。このパラメータは、その有無を表すパラメータであり、対象としている手話単語が片手手話の場合にのみ有効となる。

パラメータの設定に応じて手話単語全体の手の

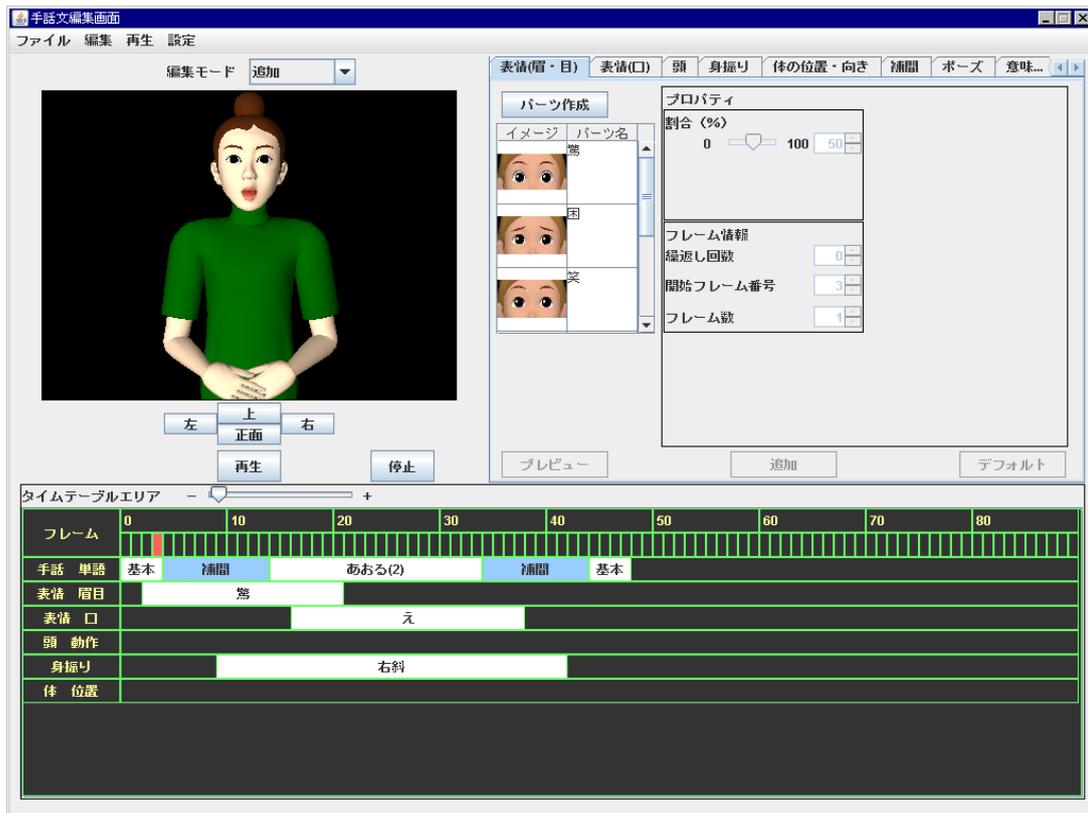


図15 手話文の編集において手以外のパーツを設定した様子

動きが変化する様子を図14に示す。図14において、(a)は手話単語作成ツールで作成した手の動きを示している。画面上、白い球は左右それぞれの手の軌道を表している。(b)は、(a)の動きに対して、位置を上方にずらすように開始位置のパラメータを変更した後の様子を表している。(b)に示すように、手の軌道はそのままに、動き全体の位置のみが変化している。また(c)は、(a)の動きに対して、動きの範囲を大きくするように大きさのパラメータを変更した後の様子を表している。(c)に示すように、軌道の形状はそのまま、その範囲のみが大きくなっていることが分かる。

手話文データのフォーマット中においては、手話単語に関する情報は、手話単語の名称と上記で説明したパラメータの組によって表現する形式で格納される。これにより、手話文データ中において意味を表す要素(手話単語そのもの)と文脈に依存して変換する要素(開始位置などのパラメータ)が明確に分離されることになるため、開発したツールは、手話文法などを分析するための言語資源を蓄積するためのツールとしても有効なツールになる。

#### (5) 手話文特有の文法情報の登録

上述したように、開発したツールでは、手の動き、手の形状、表情、身振りなど、7種類に分類されたパーツを組み合わせて手話の動作を作成する。特に、表情や身振りなどの手以外のパーツについては、手話の文法上重要であると言われる一方、その解析が十分進んでいない領域でもある。このため、手話単

語および手話文の作成においては、手以外のパーツについてさまざまな状況を想定して、柔軟に設定できるようにしておく必要がある。

開発したツールにおいては、手の動きを基準として、その時間範囲内であれば、任意の時刻および任意の時間長で、手以外のパーツを手話単語あるいは手話文中に設定できるようにしている。図15に、手話文の編集において、手以外のパーツを設定した例を示す。図15に示す例では、表情(眉・目)、表情(口)、身振りに関するパーツが設定されているが、手話単語「あおる(2)」との関係によらず、任意の時刻および時間長で設定できている。

これを実現するために、手話単語データおよび手話文データのフォーマット中においては、パーツの種類毎に、パーツの変化を独立したシーケンスとして扱い、異なる種類のパーツ間の相対的な関係に関する情報は含まない形式としている。これにより、さまざまな手話の表現に対して、手話単語および手話文の柔軟な作成および記録が可能となる。

### C. 3. CGキャラクターのデザイン

本研究では、CG用のキャラクターについて、新たにデザインの検討を行い、キャラクターデータの作成を行った。デザインに当たっては、

- (1) 手の動きが見やすいこと
- (2) 表情が分かり易いこと
- (3) 自然な動きが再現できること