

# 手書き入力漢字自動採点システムにおいて 適切な点数化を行うための減点の統合方法

井戸 伸彦  
岐阜協立大学 経営情報学科

## Integrating Method of Deduction Points to Properly Score Hand-written Kanji Characters in Automated Scoring System

Nobuhiko Ido

Faculty of Business Administration, Gifu Kyoritsu University

I have been developing an automated scoring system for on-line kanji characters and the system is practically used in a class at the university where I work. The system can completely replace manual scoring. In the automated scoring system, various feature values such as stroke lengths, stroke angles, relationships between strokes and balances are measured and scored by predefined deduction functions, and their deduction points are summed up in order to grade inputs characters. In the summing-up process of deduction points, some of deduction points should be integrated because they are caused by the same shape defects of a character input. I report the integrating method used in the system in this paper.

キーワード:手書き入力文字, 自動採点, 点数化, 減点統合, タブレット端末, 学習支援

### 1. はじめに

タブレット端末等で手書き入力した文字や記号を自動採点する試みは各所で行われている<sup>(1)(2)</sup>。しかしながら、実用化されている漢字自動採点システムには制限もある<sup>(3)</sup>。報告者は人が行う採点を完全に代替する機能を持つ手書き入力漢字の自動採点システムを開発しており、これを所属する大学の実際の授業で2019年度4月より運用している<sup>(4)</sup>。開発したシステムを用いれば、単語で解答する試験の自動採点も可能となる。

人が行う場合と同等の採点を行うための要件の一つとして、適切な点数化がある。すなわち、手書き入力の漢字としての図形的特徴をすべて正確に捉えたとしても、それを正誤の判定に結び付けるための点数化が適切で無ければ自動採点システムとしては機能しない。本稿では減点を統合することで適切な点数化を行う方法を提案する。

漢字の自動採点における正誤の判定について具体的

な方法に言及した文献はほとんど見出せない。例えば、文献<sup>(10)</sup>では"採点結果は「形」や「筆順」、「交差」など間違いの種類が区別されて表示される"としており、正誤の判断基準となる差異に、形、筆順、交差が含まれることがわかるが、具体的な方法についての言及はない。また、文字認識の分野でDPマッチングコストなどの指標が入力に対する評価の数値として用いられる場合<sup>(5)</sup>もあるが、“手書き入力漢字の正誤の判断の根拠を人間に対して説明する数値”である本稿で扱う得点とは根本的に性質が異なる。認識技術の中心が機械学習に移ったこともあり、正誤の判定もそれに関わる数値も近年では検討の対象とした例は無い。

提案方法は、正答とする字形と入力字形との差異を図形的な観点から数値化したものを減点とし、一つの手書き入力漢字に生じた複数の減点をまとめて得点を算出する枠組みを採る。その上で、生じた複数の減点と同じ図形的特徴から生じているものであるか否かをマージキーと呼ぶデータにより判定し、同じ要因であ

ればそれらを統合する．さらに同じ要因であることの判定においては，正答との差異を正すように入力字形を変換したものを試行的に採点することにより行う．本稿では実用的に運用した中で提案機能がどのように動作したかを含めて報告する．

## 2. 背景となるシステムと技術の概要

開発を行っている手書き入力漢字の自動採点システムについて，本稿で提案する減点の統合による適切な点数化の技術の前提となるものを中心にその概要を説明する．

### 2.1 システムの構成

図 1 に手書き入力漢字自動採点システムの構成と動作の概要を示す<sup>(4)</sup>．システムは web ページにアクセスすることにより利用する．2019 年 4 月から所属する大学の授業において行っている運用では，システムを利用して行う小テストを宿題として課し，学生は情報施設利用窓口でタブレット端末を一時借用して自習室で解答することとしている．図 2 に学生向けの web ページでの採点結果表示画面の例と学生の利用の様子を示す．

### 2.2 自動採点処理

図 3 に自動採点処理の概要を示す．本システムでは漢字の字形をベジェ曲線で表現しており，これにより

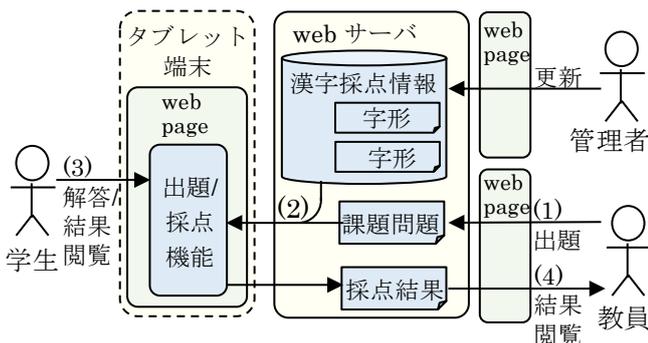


図 1 システム構成と動作の概要

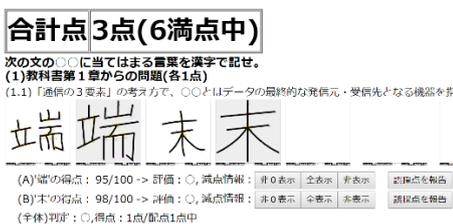


図 2 採点結果表示画面と利用の様子

与えられた正答の字形と被験者による入力の字形との間で「(a)画の対応付け」を行う<sup>(6)</sup>．次に，対応付けられた画同士で「(b)辺の対応付け」を行う<sup>(7)</sup>．最後に，対応づけられた画や辺ごとの図形的特徴を用いて，「(c)点数評価」を行う<sup>(8)</sup>．

### 2.3 減点項目と採点情報

本漢字自動採点システムでは，採点において減点方式を取っている<sup>(8)</sup>．すなわち，様々な減点項目での減点幅を積算し，満点の 100 点から差し引いた点数が 80 点以上であれば正解（“○”）とし，80 点未満 60 点以上であれば正解ではないが“△”とし，それ以外を“×”としている（このような条件は漢字採点情報中のパラメータ設定により変更出来る）．表 1 に減点項目の抜粋を示す．これらの減点項目はシステムにより自動で設定されるものと，報告者が開発した採点情報作成システムを用いて人手で設定するものがある<sup>(8)</sup>．各減点項目の減点幅は，減点関数により決まる．例えば図 4(a)中に示すように，正答の字形で曲線になっている画がある場合，これに対応する入力の字形の画の様々な曲がり具合の測定値を求め，これに減点関数を適用して減点値を決める．減点関数は図 4(b)のような数値列で

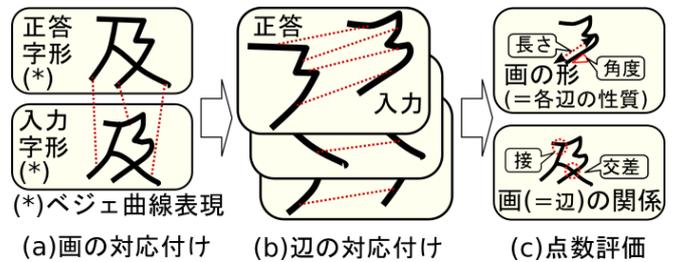


図 3 自動採点処理の概要

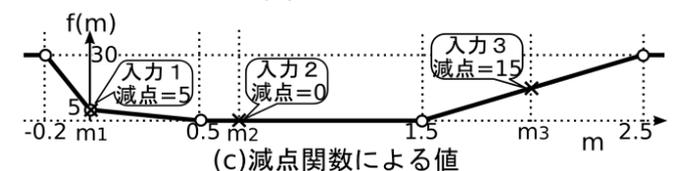
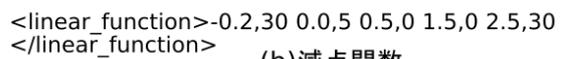
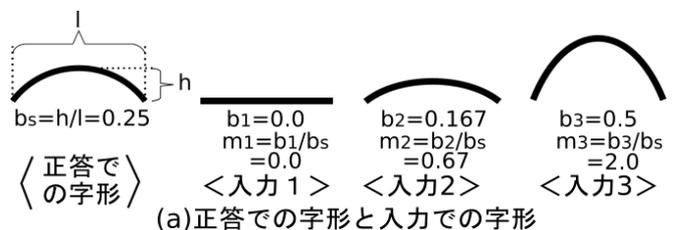


図 4 減点関数

表現されており、これは(c)のグラフに示す減点を表している。このような減点関数を含む採点情報は、上述の採点情報作成システムにより系統的に生成される。

本システムの採点情報は、平成 28 年に文化庁により示された漢字の正誤基準に関する詳細な指針の文書<sup>9)</sup>に全面的に基づいている、

表 1 減点項目 (抜粋)

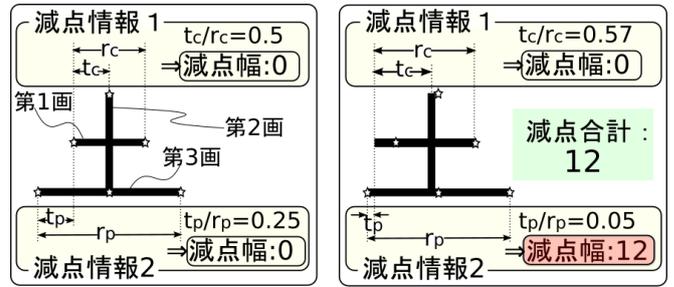
分類	項目
(1)画 (3項目)	(1.1)足りない画
	(1.2)余分な画
	(1.3)通常でない長さの画
(2)辺 (11項目)	(2.1)画中の足りない辺
	(2.4)正答と異なる曲がりの度合いの辺
	(2.10)通常でない角度の画/辺
(3)関係 (16項目)	(3.3)繋がるべき画[3:離れている]
	(3.11)位置がずれた接し点・交差点
	(3.14)余分な接し点
(4)字全体 (2項目)	(4.1)筆順間違い
	(4.2)推奨されない異体字または字形
(5)指定された画/辺 (28項目)	(5.4)通常でない水平方向の相対位置
	(5.6)通常でない直角方向の相対位置
	(5.23)通常でない3つの間隔
(6)バランス (11項目)	(6.1)字の左右の2つの部分の通常でない水平比率
(7)画構成 (3項目)	(7.1)逆向きの画
	(7.2)誤ってひと続きとなった画
	(7.3)誤って分割された画

### 3. 点数化における課題

#### 3.1 点数化の要件について

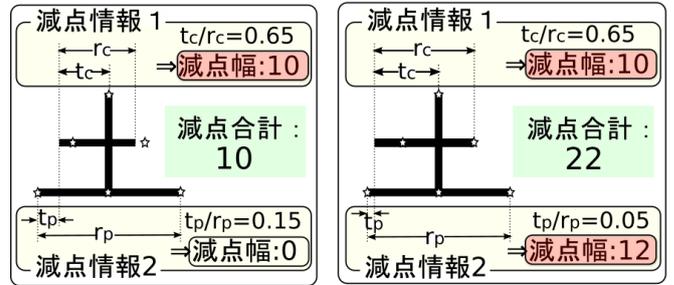
上述した減点項目とその減点関数について、報告者は次のような要件を満たす必要があるとしていた<sup>8)</sup>。

- (1. 完備性) 入力のあるあらゆる種類の瑕疵に対して、漏らすこと無く減点出来ること。
  - (2. 直交性) 複数の減点関数が互いに独立であること。すなわち、入力字形の1つの瑕疵に対し(複数でなく)1つの減点項目が対応して減点すること。
  - (3. 明示性) 減点関数の意味が初等数学の範囲で理解出来ること(例えば“DP 距離により減点”という方法は明示的で無い)。
  - (4. 公開) (技術的な内容では無いが) 第三者による検証や議論が出来るように、公開されていること。
- 上記のような条件を満たす減点関数の設定手段が提供されていれば、これを適切に設定することにより、“人



(a)ケース 1 (正答)

(b)ケース 2



(c)ケース 3

(d)ケース 4

減点情報 1 : 「(3. 11) 位置のずれた接し点・交差点」  
減点情報 2 : 「(5. 4) 通常でない水平方向の相対位置」

図 5 減点の単純合計時の問題点

が納得する減点値を算出すること(これを“正規性”と呼ぶことにする)が実現できると考えていた。

#### 3.2 直交性と完備性

その後の検討により、上記の要件のうち(2.直交性)については(1.完備性)と両立せず、要件から外さざるを得なくなった。図 5 を用いてこれについて説明する。

図 5 は、“土”の字に対するさまざまな入力パターンとその減点情報を示したものである。図中の減点情報 1 は、減点項目「(3.11)位置のずれた接し点・交差点」に対応するものであり、第 1 画に第 2 画が交わる位置をチェックする。減点情報 2 は、減点項目「(5.4)通常でない水平方向の相対位置」に対応するものであり、第 3 画に対する第 2 画始点の水平方向の位置をチェックする。図 5 中の漢字の字形に付された星印(☆)は、正答での各画の端点の位置を示すものであり、この星印に端点が一致した(a)ケース 1 は、正答と端点一致する字形が入力されていることを示す。図 4 に示したような減点関数によりそれぞれの減点情報中の減点幅が算出され、正答と測定値が同じとなるケース 1 では、いずれの減点情報でも減点幅“0”となっている。(b)ケース 2 では、第 1 画始点が左に偏っているため減点情報 2 では減点幅が“12”となっているが、第 2 画も左に偏っているので減点情報 1 は減点幅“0”のままとなっている。(c)ケース 3 では第 2 画全体が左に偏ってい

るが、減点情報 1 のみに減点幅“10”が生じている。(d)ケース 4 では第 1 画始点が左に偏っていることにより、減点情報 1/減点情報 2 の両方にそれぞれ減点幅“10”および“12”が生じている。今、単純に減点情報の減点幅の合計を積算すると、(d)ケース 4 では減点合計が“22”となる。このように第 1 画の始点が左に偏っている 1 つの瑕疵に対して重複して減点されてしまうと、採点としては合理性に欠けることになる(すなわち上述の直交性が損なわれる)。このような重複を避けるために減点情報 1/2 に対応する 2 つの減点項目のいずれかを設定しないことにすると、(b)ケース 2 / (c)ケース 3 のいずれかで減点されない事態が生じる(すなわち上述の完備性が損なわれる)。このように、直交性と完備性とは両立しない。

### 3.3 減点の統合

完備性が損なわれれば採点としては成立しないことになるので、直交性が成り立たないことを前提とした採点方法、すなわち、入力字形の 1 つの瑕疵に対して複数の減点項目が対応して減点が生じることを前提とした採点方法が必要となる。開発した自動採点システム

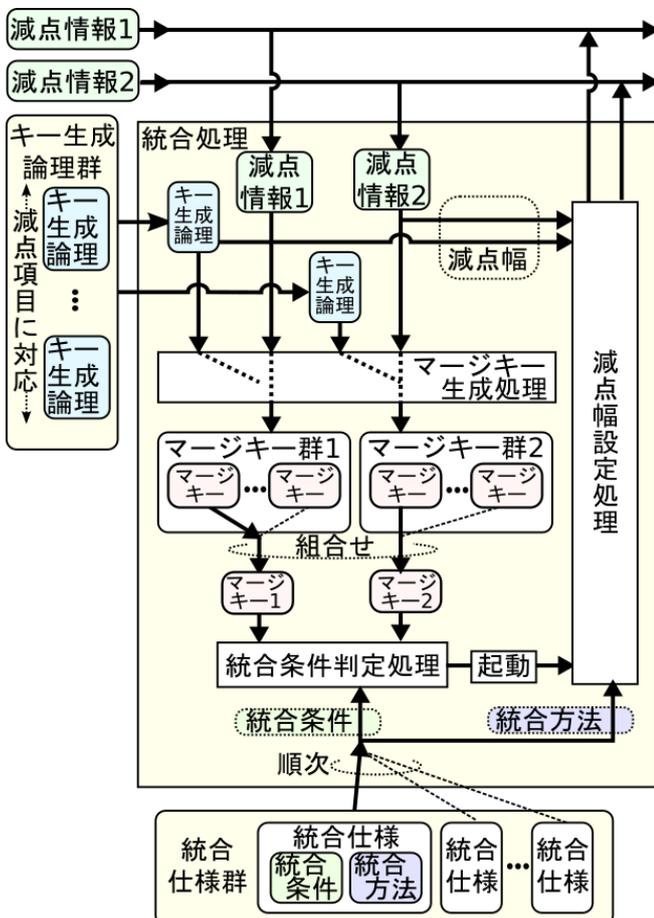


図 6 減点統合方法の概要

ムでは、同じ瑕疵から生じた複数の減点をひとつにまとめることによりこれを実現する。次項以下では、この方法について提案する。

## 4. 提案方法

### 4.1 概要

図 6 から図 8 を用いて、減点の統合方法の概要を説明する。図 6 の減点統合方法の概略では、“減点情報 1”と“減点情報 2”との 2 つの減点情報を入力として、それらの減点幅を書き換える処理を示している。一つの漢字の採点にて 2 つ以上の減点が生じる場合には、それらから 2 つを取り出すすべての組み合わせについて、図 6 の処理を行うことになる。図 6 中の統合処理は、図 5 に示したような 2 つの減点情報の他に、キー生成論理、統合仕様の、計 3 つの入力を取る。

このうち、キー生成論理の例を図 7 に示す。キー生成論理は減点項目ごとに定義されており、図 7 に示すのは、図 5 中の減点情報 2 の減点項目「(5.4) 通常でない水平方向の相対位置」の一部を抜粋して、説明のために簡略化したものである。キー生成論理は XML 形式のシステムファイル中に記述されており、図 7 に示す部分の記述が図 5(d)ケース 4 の減点情報 2 に適用されると、“土”の字の①第 3 画が右向きで、②測定値が小さいので、③第 1 画始点に左側過ぎる (point\_too\_left) というマージキーが生成される(この説明では一部の条件を省略している)。

このキー生成論理を適用する処理は、図 6 中の“マ

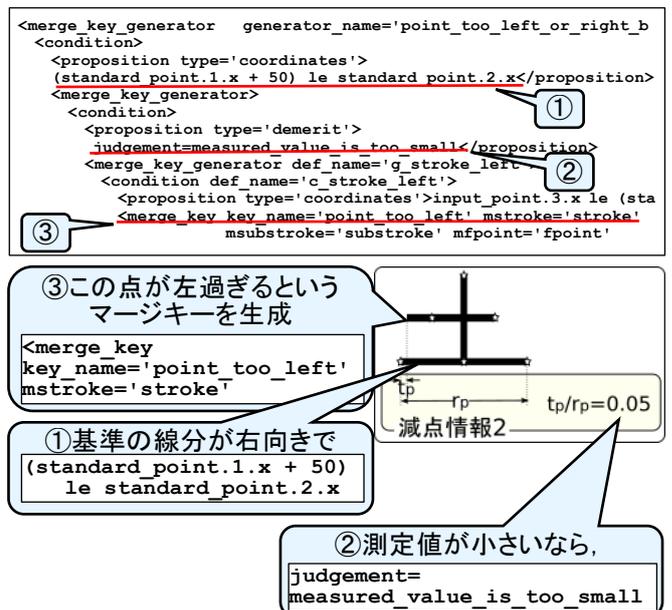


図 7 キー生成論理

ージキー生成処理”にて行われ、0 個以上のマージキーから成るマージキー群がそれぞれの減点情報に対応して生成される。これらのマージキー群は、図 6 中の統合条件判定処理により、統合仕様中の統合条件を満たす組み合わせがあるか否かが判定される。条件を満たす場合は、減点幅設定処理が起動されて減点情報内の減点幅を書き換える。この統合条件判定処理について、図 8 を用いて説明する。

図 8 中の 2 つの減点情報は、図 5 中のものと同じものであり、字形は図 5(d) ケース 4 のものである。図 7 に示したキー生成論理の動作例により、減点情報 2 より「キー名: point\_too\_left, パラメータ: 第 1 画始(X)」のマージキーがマージキー群 2 の中に生成される。同様に、減点情報 2 からは他に(Y), (Z)のマージキーが、減点情報 1 からは(A)(B)(C)のマージキーが生成される。これら 2 つのマージキー群から取り出した 2 つのマージキーの組み合わせのうち、マージキー群 1 の(B)とマージキー群 2 の(X)とは、図中に記された統合仕様中の統合条件を満たす。例えば図 8 中の“mstroke=mstroke”は両者のマージキーの画番号が一致している統合条件を表しており、(B)と(X)とは共に第 1 画で一致しており条件を満たす。これ以外にも様々な統合条件が連言標準形にて記されているが、

詳細の説明は省略する。なお、統合仕様は、キー生成論理と同じシステムファイル内に記述されている。

図 8 の(B)と(X)のように統合仕様中の統合条件を満たすマージキーの組み合わせがある場合、これらのマージキーを生成した減点情報は統合される。その際にどのような減点幅に設定するかが、統合仕様中の統合方法に記述されている。図 8 の例では、“max”となっており、これは減点情報の減点幅の大きい方を残し、小さい方は“0”に設定することを意味する。これに従って図 8 中では、減点情報 1 の減点幅は“0”に変更され、減点情報 2 の減点幅は“12”のままとなる。これにより図 5 (d) ケース 4 の“土”(すなわち図 8 の“土”)の減点合計は“12”となり、図 5(d)で説明した過剰な減点は解消される。

統合方法には“max”以外にも、“fixed\_valueXX”(XX の値に固定)や、“first\_only”(固定的に前者の減点情報の減点幅を残して後者の減点幅は“0”とする)などがあるが、それらの使用例は少なく、大半の統合仕様で用いられるのは“max”である。

#### 4.2 マージキーの種類

マージキーには、次のような種類がある。

< 1 > 共通マージキー：上記 4.1 項の例に示した“point\_too\_left”，および同じ意味合いの“right/upper/lower”の 4 つを含む、多くの減点項目で共通に生成するマージキー。

< 2 > 個別マージキー：マージキー名を減点項目名として、各減点項目をそのままマージキーとして扱うマージキー。

開発過程においては、当初個別マージキーのみを用いて実装を行ったが、減点項目の組み合わせごとに膨大な数の統合仕様を定義する必要が生じたため、共通マージキーを導入した経緯がある。

図 9 に個別マージキーによる統合の例を示す。図 9 中(a)に示した入力字形では、第 4 画第 1 辺に接すべき第 3 画が、誤って第 4 画第 2 辺に接している。これにより「キー名：“t\_joint\_not\_found\_3” ((3.3)接すべき画 [ 離れている ] )」と「キー名：“unnecessary\_t\_joint” ((3.14)余分な接し点)」との個別マージキーが生成される。(b)の統合仕様は、それらのマージキー名 (= 減点項目名)

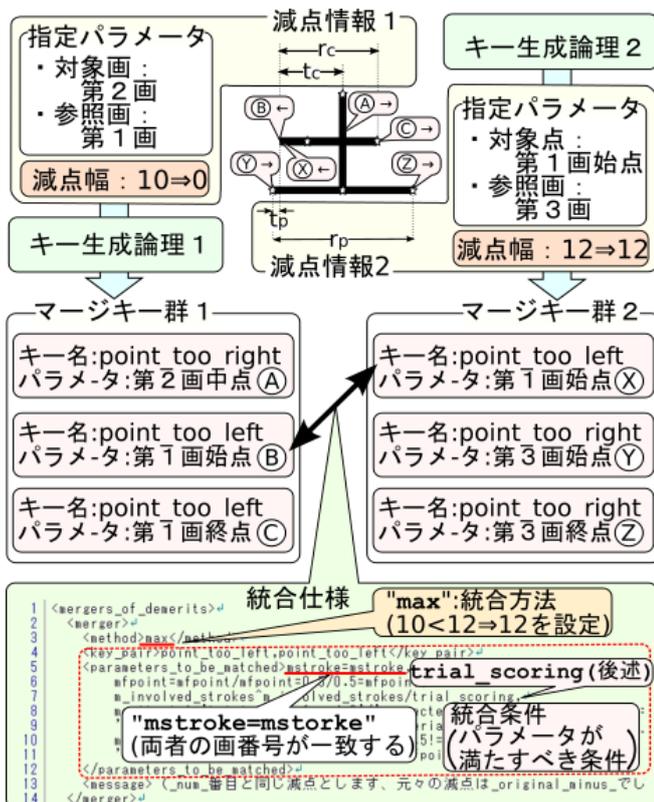


図 8 マージキーと統合情報

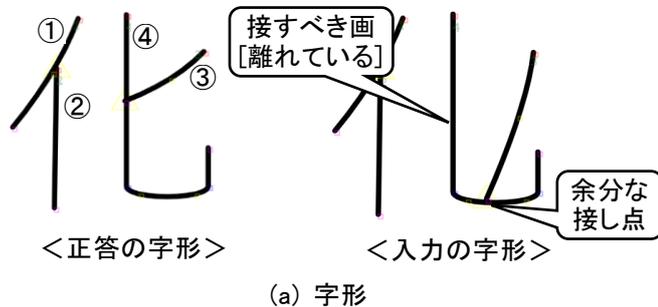
“t\_joint\_not\_found\_3”と“t\_joint\_not\_found\_3”とを組み合わせるものである。統合仕様には、統合を実施した場合に減点の説明としてのメッセージを記述する要素“message”があり、そこには、“合わせて’誤った辺に接している’こととなります”と記されている。これが、図9(c)の採点結果表示中の減点の表示欄に表示される。

なお、図9(b)の統合仕様においては、統合方法として前述した“fixed\_valueXX”を用いており、固定的に25点の減点とするよう設定されている。

このように個別マージキーは、減点項目固有の事情に対応して、統合の仕方を工夫する際や共通マージキーとして一般化出来ない際の統合を行う場合に用いる。また、個別の漢字内のみで有効な個別マージキー／統合仕様も設定可能であるが、説明は省略する。

### 4.3 減点統合の解除

以上に記した方法により統合を行うと、過剰に減点が統合されてしまう場合が発生する。これを解除するためにやっている処理を、図10を用いて説明する。図



```

<merger>
  <method>fixed_value25</method>
  <key_pair>
    t_joint_not_found_3,unnecessary_t_joint
  </key_pair>
  <parameters_to_be_matched>.....
  <message>
    ( _num_番目と同じ減点とします, 元々の減点は original minus でした. 合わせて’誤った辺に接している’こととなります)</message>
</merger>

```

(b) 統合仕様

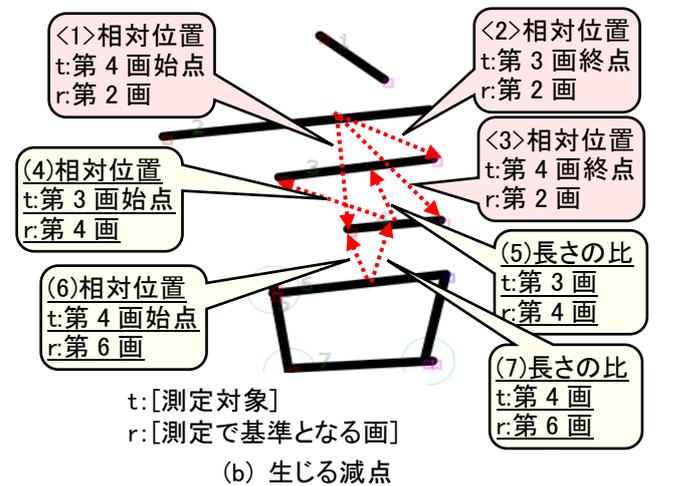
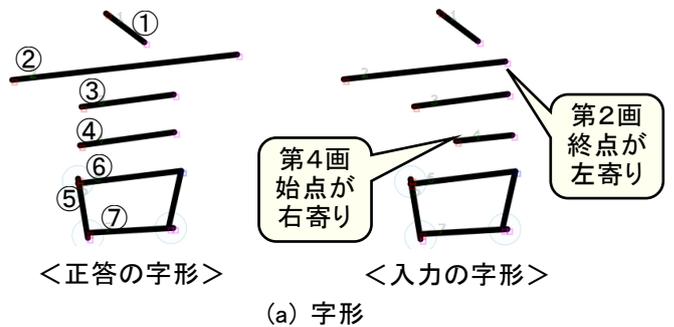
#1	【余分な接し点】第4画第2辺へ第3画第1辺が...(中略)... 合わせて’誤った辺に接している’こととなります)	減点25
#2	【接するべき画[3:離れている]】第4画第1辺へ第3画第1辺が...	減点0

(c) 採点結果表示中の減点の表示(概略)

図9 個別マージキーによる統合

10中(a)の入力字形は、「第2画終点が左寄り」「第4画始点が右寄り」となっている以外は、正当の字形と同じものである。これを採点すると(b)に示す7つの減点が生じるが、上記4.1項に記した統合処理によりすべて統合されてしまう。本来、入力には「第2画終点」「第4画始点」の2箇所に独立した瑕疵があることを考えれば、これは統合し過ぎである。

このような過剰な統合を解除するために、減点が統合される際に用いたマージキーにより減点をグループに分け、グループごとに減点を行う。図10(b)の7つの減点の例では、<1>から<3>の減点(下線なし)は、統合処理において「第2画終点が“point\_too\_left”」というマージキーを用いている。一方、(4)から(7)の減点(下線あり)は、統合処理において「第4画始点が“point\_too\_right”」というマージキーを用いてい



<2>	【通常でない水平方向の相対位置】第3画第1辺の終点は, .....	減点22
(5)	【通常でない長さの比率】第4画第1辺の長さ... (中略)... (2番目と同じ減点とします<-同じ減点とする処置(統合)を調整しました. この減点項目は, 統合のキーとなる文字の部分[第4画第1辺始点]の代表として減点しています.)	減点20

(c) 採点結果表示中の減点の表示(概略)

図10 減点統合の解除

る。このように共通のマージキーを使用した減点のグループ内での統合を行うことで、〈2〉と(5)の減点幅を残し、残りの減点は“0”に設定する。図 10(c)に示す採点結果表示中の減点の表示においては、この旨が説明されている。すなわち、「第 4 画第 1 辺の始点」の代表として” という記述が、「第 4 画始点が“point\_too\_right””というマージキーによるグループの減点であることを反映している。

なお、現状のユーザーインターフェースではマージキーによる減点のグループ等の表示が必ずしも理解しやすいものではなく、今後改良を行う予定である。

#### 4.4 試行的採点による統合条件

上記 4.1 項にて記したマージキー“point\_too\_left/right/upper/lower”に対する統合条件判定処理には、そのマージキーで指定された点を動かした字形を作成し、その変更した部分の字形を局所的に採点して 2 つの減点共に消えるか否かによって判定を行う“試行的採点”という機能がある。図 8 中の統合条件に記された“trial\_scoring”がこれに当たる。減点の統合機能および解除機能は採点結果を左右する(80 点以上か否か)という意味で、“何を以て漢字を正しいと判定するか”にも関わる。その意味でも試行的採点は重要な機能であるが、紙面の都合上、詳細については別稿に譲る。

### 5. システムの運用での採点例

#### 5.1 対象となる字

本稿では、次の単語が正解となる出題に対する解答の手書き入力(41 字、重複 3 字)を試料とした、執筆時点で整理/分析済みの採点結果について報告する。

端末 階層 基本参照 量子化 回線 同僚  
 符号化 搬送波 誤り 輻輳 全二重通信 送達確認  
 廃棄 迂回 擬似 乱数

課題の出題時期等により試料数(すなわち解答者数)には、16~35 個のばらつきがある。

#### 5.2 統合/統合解除の発生状況

表 2 に、1 文字入力当たりの平均の統合/統合解除の発生数を示す。図 10 に文字の画数と統合の発生数との散布図を示す。文字入力ごとの減点の統合の発生

数は、瑕疵の多い入力では極端に大きくなるため、そのような入力の有無により平均は大きく影響されるが、概ね画数との相関が観られる。このことは、特定の文字や条件に偏ることなく、減点の統合が一般的に機能していることの証左であると考えられる。

表 2 統合/統合解除の発生数(1 文字入力当たり)

文字 (*1)[*2]	統合	解除	文字 (*1)[*2]	統合	解除
端(34)[14]	3.26	0.29	波(21)[9]	1.38	0.19
末(35)[5]	0.57	0.14	達(18)[12]	4.40	0.65
階(35)[12]	3.11	0.26	確(20)[15]	2.70	0.30
層(34)[12]	4.64	0.55	認(19)[14]	2.10	0.30
基(34)[11]	1.15	0.12	誤(20)[14]	3.45	0.30
本(34)[5]	0.71	0.09	輻(21)[16]	1.10	0.14
参(35)[8]	2.03	0.17	輳(20)[16]	5.05	0.50
照(35)[13]	1.37	0.20	全(20)[6]	0.20	0.00
量(35)[12]	1.94	0.14	二(2)[2]	0.00	0.00
子(34)[3]	0.15	0.00	重(20)[9]	1.00	0.10
化(55)[4]	1.05	0.91	通(20)[10]	1.05	0.20
回(48)[6]	0.40	0.00	信(20)[9]	0.47	0.00
線(29)[15]	4.03	0.48	廢(18)[12]	3.11	0.28
同(33)[6]	0.39	0.03	棄(16)[13]	1.82	0.12
僚(31)[14]	2.35	0.23	迂(18)[7]	0.78	0.00
符(20)[11]	0.62	0.05	擬(17)[17]	0.38	0.35
号(20)[5]	0.50	0.00	似(17)[7]	1.06	0.12
搬(22)[13]	1.41	0.09	乱(17)[7]	0.65	0.06
送(42)[9]	1.52	0.10	数(15)[13]	4.31	0.19
総計	1.75	0.17	(*1)[*2]:(入力数)[画数]		

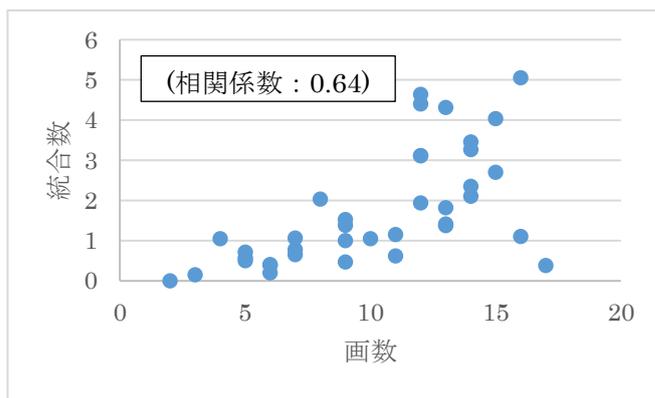


図 11 画数と統合数の相関

#### 5.3 判定が変わった事例

全 1029 の文字入力中、“○”(80 点以上)、“△”(60 点以上)、“×”の判定が変わった事例の数は次のとおりであった。

- ・△⇒○: 11 例,    ×⇒△: 18 例

また、統合解除によって判定が変わったのは、次の

一例のみであった。

- ・“達”：80点 ⇒ 78点。

### 5.4 代表的な例

図12に“波”の字の入力例での統合と統合解除を示す。これは、判定が“△”から“○”に変わった場合に当たる。図中の吹き出しで示された減点は、各行に、減点項目、測定する画、減点の変遷、統合解除の際のグループ内の共通マージキーを順に示している。

図12中に示された6つの減点は、最初すべて統合され、その後3つが統合解除される。すなわち、減点<1><2><3>は第8画始点を移動させればすべて解消するグループであり、減点幅が最大の減点<2>を残して<1><3>の減点幅は“0”に設定される。その他の減点は、それぞれ、(4)は第4画始点を、(5)は第8画終点を、(6)は第7画終点を移動しないと解消しないため、統合解除される。統合解除はあるものの、解除されない統合により減点は減り、判定は“×”から“○”となる。

### 5.5 まとめ

図12に示した例を含め、試料としたすべての文字入力について、統合と統合解除が不足したり過剰であったりする場合は見いだせなかった。今後試料数を増やした検証は必要であるが、人手によるものを完全に代替する自動採点技術として十分機能するとの結果を得たと考えている。

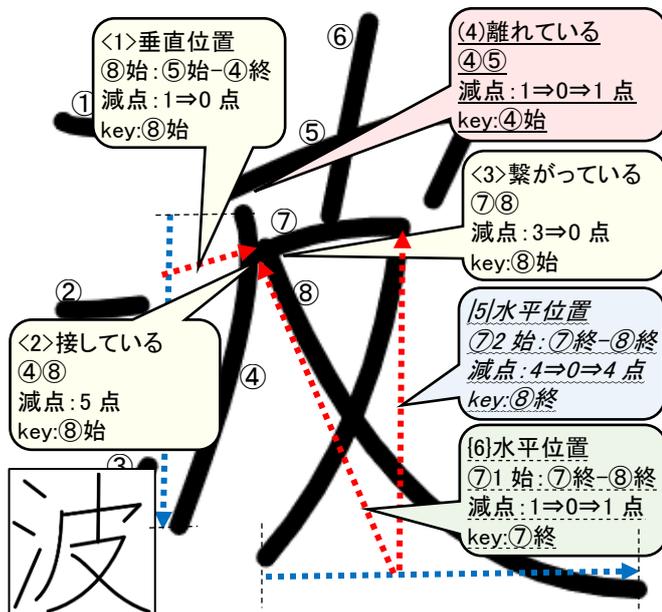


図12 “波”の入力例における統合と統合解除

## 6. おわりに

開発する漢字自動採点システムは既に運用中であり、今後 JIS 第一水準を目指した採点情報の整備、ひらがなのサポート、ユーザーインターフェースの改善を行っていく予定である。

### 参考文献

- (1) 中川正樹, 平井佑樹: “記述式解答の採点支援・自動採点に向けて—手書き認識からの挑戦—”, 情報処理 57.9, pp. 920-924 (2016)
- (2) 石岡恒憲: “コンピュータ上で実施する記述式試験: エッセイタイプ, 短答式, マルチメディア利用について”, 電子情報通信学会誌, 99(10), pp. 1005-1011 (2016)
- (3) Benesse, “保護者サポート”, [https://faq.benesse.co.jp/faq/show/6646?category\\_id=855&site\\_domain=sho\(2019/12/06 確認\)](https://faq.benesse.co.jp/faq/show/6646?category_id=855&site_domain=sho(2019/12/06 確認))
- (4) 井戸伸彦: “人手による採点を完全に代替する手書き入力漢字自動採点システムにおける画数フリーの実現方法”, 教育システム情報学会研究報告, 34(4), pp.49-56 (2019)
- (5) 槇重弼, 迫江博昭: “筆順・画数自由オンライン文字認識のための画対応決定法—多層キューブサーチ”, 信学論 (D-II), vol.J87-D-II, no.5, pp.1112-1119, (2004)
- (6) 井戸伸彦: “多軸順序距離を用いた手書き漢字の画の対応付け”, 信学技法 (パターン認識・メディア理解), Vol.114, No.42, pp.85-90 (2014)
- (7) 井戸伸彦: “漢字書き取りの自動採点の画の評価手法—アグレッシブ DP マッチングによる辺の同定と評価—”, 信学技報 (パターン認識・メディア理解), Vol.114, No.527, pp.217-222 (2015)
- (8) 井戸伸彦: “画と辺とを同定した後の手書き漢字入力の採点評価方法”, 信学技報 (パターン認識・メディア理解), Vol.115, No.25, pp.133-138(2015)
- (9) 文化庁: “常用漢字表の字体・字形に関する指針(報告)” [http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkashingikai/kokugo/hokoku/pdf/jitai\\_jikei\\_shishin.pdf\(2019/10/01 確認\)](http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkashingikai/kokugo/hokoku/pdf/jitai_jikei_shishin.pdf(2019/10/01 確認))
- (10) 岩山尚美, 石垣一司, 山根僚介, 陰山英男, 「学習履歴を活用する手書き電子教材の開発と実践検証」 日本教育工学会 全国大会講演論文集, 第 21 巻, pp.165-168, 2005 年 9 月