

物語世界における時間と空間の視覚化に関する研究

馬場 博巳 乃万 司 岡田 直之

九州工業大学 情報工学部

1 はじめに

我々は、物語や道案内など事物の状況を説明する文章の内容を、コンピュータ・アニメーションによって視覚化する研究をすすめている[1][2]。従来から、自然言語記述から事象とその時間関係を抽出してアニメーションを生成する研究[3][4]や、自然言語による空間描写からオブジェクトの位置関係を推定し情景を再構成する研究[5]がなされてきたが、本研究では、自然言語文章から時間と空間の情報を共に抽出し、アニメーションによって表示することを目標としている。

このような研究の困難な点は、アニメーションの生成に必要な事象の生起時間や物体の位置などの具体的な数値データをいかに得るかという点にある。そこで本稿では、自然言語による曖昧な記述から時間と空間に関する数値データを求める問題を主に扱う。

2 中間表現

我々が構築しようとするシステムでは、最初のステップとして、入力された自然言語文章を中間表現へと変換する。中間表現は、(登場人物の)行為に関する記述と時間や空間に対する制約の記述の二種類から構成される。行為の記述は以下の書式で与えられる。

[act::[type::Type, agent::Agent, attribute::Attribute, interval::Time]]

ここで、Type は行為の種類を表し、Agent は行為者を示す。Attribute は、行為の具体的な内容を表す属性のリストである。また、Time は、行為の開始・終了時間を表す。

また、時間や空間に対する制約の記述は以下の書式で与えられる。

[constraint::[type::Type, attribute::Attribute]]

ここで、Type は制約の種類を示し、Attribute は制約の具体的な内容を表す属性のリストである。

3 中間表現から評価式への変換と最適化

アニメーションの生成には、事象の発生・終了の時間や物体位置の座標値などの具体的な数値が必要である。本稿では、この問題を単純化するため、システムが取り扱う行為を移動のみとし、すべての動作主は、あらかじめ与えられた動作主固有の標準的な速さで直線上を移動するものとする。すると中間表現は、事象の発生・終了時間あるいは物体の座標をパラメータとした、等式・不等式および時間と位置の「不自然さ」の評価関数へと変換できる。そして、すべての等式・不等式を満しつつ、不自然さの評価関数の和を最小にするパラメータの組が、その文章の妥当な解釈を表すと考えられ、最適化問題に帰着することになる。以下では、中間表現から評価式への変換について、例を用いて説明する。

まず、時間関係のみを述べた例として、「太郎が花子より5分遅く出発した」という文からは、以下のような制約記述が得られる。ただし、太郎の移動と花子の移動という二つの行為記述は別に与えられているものとする。

```
[constraint::[type::timedif,attribute::[type::late,
act_1::[agent::花子,type::move,attribute::[(略)],point::start],
act_2::[agent::太郎,type::move,attribute::[(略)],point::start],
timelag::[value::5,unit::min]]]]
```

さらに、花子の動作開始時間を t_1 、太郎の動作開始時間を t_2 とし、「5分」という時間を曖昧さを含むものととらえると、この制約記述は以下の評価関数と不等式とに変換される。

$$\varphi = k(t_2 - t_1 - 5)^2$$

$$t_1 < t_2$$

この評価関数 φ は、記述が厳密に正しい場合（この場合はちょうど5分遅れて出発した場合）に最小値をとり、時間差が分からずれる程大きな値をとる。ただし k は表現の厳密さを表す定数である。

次に、空間関係のみを述べた例として、「本屋が駅の北にある」という文を考えると、この文から、

```
[constraint::[type::direction,attribute::[from::駅,to::本屋,direction::北]]]
```

という制約記述が得られ、駅の位置座標を (x_1, y_1) 、本屋の位置座標を (x_2, y_2) 、方向制約の厳密さを決定する定数を k とすると、

$$\begin{aligned}\varphi &= k \left(1 - \left(\frac{x_2 - x_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} \cos \frac{\pi}{2} + \frac{y_2 - y_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} \sin \frac{\pi}{2} \right) \right) \\ &= k \left(1 - \frac{y_2 - y_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} \right)\end{aligned}$$

という評価関数へと変換される。

最後に、本研究の特徴である時間関係と空間関係を同時に扱う例として、「太郎が駅から本屋まで自転車で10分かかって行った」という文を考えると、中間表現は、

```
[act::[type::move,agent::,
attribute::[from::駅,to::本屋,device::bicycle,speed::[value::350,unit::mpm]],
interval::[t::1,t::2]]]
```

となり、駅の位置座標を (x_1, y_1) 、本屋の位置座標を (x_2, y_2) 、動作の開始時間を t_1 、終了時間を t_2 とすると、以下の評価関数と不等式とに変換される。この関数の第1項は自転車の速さのばらつきを、第2項は時間の曖昧さを表している。

$$\varphi = k \left(\frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{t_2 - t_1} - 350 \right)^2 + k'(t_2 - t_1 - 10)^2$$

$$t_1 < t_2$$

ただし、 k, k' はそれぞれ制約の強さを決定する定数であり、350 は自転車の標準的な速さ (m/分) である。

上で示した評価関数 φ は、時間や座標などのパラメータが理想値から外れるほど大きな値を取る。これは、文章の局所的な内容の不自然さを評価する値であると考えられる。文章全体から得られた評価関数の集合を P 、等式・不等式の集合を Q とし、時間や座標のパラメータすべてを要素としたベクトルを

$$\mathbf{u} = (t_1, \dots, t_m, x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_n)$$

とする。このとき、文章全体の不自然さは文章全体から得られる φ の和で表されるとすると、 Q を満しつ

$$\Phi = \sum_{\varphi \in P} \varphi$$

なる Φ を最小にする u が、文章全体を通して最も無理のない解釈を表すと考えられる。

なお、この解を求める計算には、非線形計画法の解法の一つである乗数法 [6] を用いている。

4 実験

以下に示す文章を用いて実験を行なった。

本屋の北に駅がある。花子の家は駅の南にある。その西に本屋がある。太郎は駅を自転車で出発した。3分後に彼は本屋に到着した。花子は花子の家から本屋まで2分で歩いた。太郎が本屋に到着した2分前に彼女は本屋に到着した。10分後に彼女は本屋を出発した。太郎は本屋を自転車で出発した。花子は駅に到着した。同時に太郎がそこに到着した。

この文章を解析して中間表現へ変換した結果が図1である。この中間表現から得られた評価関数および等式・不等式から、時間と空間の最適化を行なって得られた位置関係を図2に、登場人物の動作時間を図3に示す。

5 おわりに

自然言語文章で記述した位置関係や人物の動作などの情報をコンピュータ・アニメーションを用いて視覚化するシステムを提案し、簡単な実験を行なった。今後は、言語表現の違いによるユーザーの意図をどのように評価関数に反映させるかを検討し、また、レンダリングやユーザーインターフェースなどアニメーションシステムとしての機能の拡充を計る。

参考文献

- [1] Noma, Kai, Nakamura, Okada: "Translating from Natural Language Story to Computer Animation," *Proc. of SPICIS'92*, pp.475-480 (1992).
- [2] Baba, Noma, Jung, Okada: "Event Modeling for Process Visualization," In: T.S. Chua and T.L. Kunii (eds.), *Multimedia Modeling, Proc. MMM '93*, World Scientific, pp. 31-43 (1993).
- [3] Takashima, Shimazu, Tomono: "Story Driven Animation," *Proc. CHI+GI '87*, pp. 149-153 (1987).
- [4] Miyamoto, Hanada, Yoshikawa, Sato: "EASY: A Model for Representing Computer Animation," *Proc. ACM Int'l Conf. on Multimedia Information System '91* (1991).
- [5] 山田, 網谷, 星野, 西田, 堂下: "自然言語における空間描写の解析と情景の再構成," *情報処理*, Vol. 31, No. 5 (1990).
- [6] 大野, 磯田: *数値計算ハンドブック*, オーム社 (1990).

```

[constraint::[type::direction,attribute::[from::本屋,to::駅,direction::北]]]
[constraint::[type::direction,attribute::[from::駅,to::花子の家,direction::南]]]
[constraint::[type::direction,attribute::[from::花子の家,to::本屋,direction::西]]]
[act::[type::move,agent::太郎,attribute::[from::駅,to::本屋,device::bicycle,
speed::[value::350,unit::mpm]], interval::[t::1,t::2]]]
[constraint::[type::timedif,attribute::[timedif::late,
act_1::[type::move,agent::太郎,attribute::[from::駅,to::本屋,
device::bicycle,speed::[value::350,unit::mpm],point::begin],
act_2::[type::move,agent::太郎,attribute::[from::駅,to::本屋],point::end],
timelag::[value::3,unit::min]]]]]
[act::[type::move,agent::花子,attribute::[from::花子の家,to::本屋,
duration::[value::2,unit::min],device::foot,speed::[value::55,unit::mpm]],
interval::[t::3,t::4]]]
[constraint::[type::timedif,attribute::[timedif::early,
act_1::[type::move,agent::太郎,attribute::[from::駅,to::本屋],point::end],
act_2::[type::move,agent::花子,attribute::[from::花子の家,to::本屋],point::end],
timelag::[value::2,unit::min]]]]]
[act::[type::move,agent::花子,
attribute::[from::本屋,to::駅,device::foot,speed::[value::55,unit::mpm]],
interval::[t::5,t::6]]]
[constraint::[type::timedif,attribute::[timedif::late,
act_1::[type::move,agent::花子,attribute::[from::花子の家,to::本屋,
duration::[value::2,unit::min],point::end],
act_2::[type::move,agent::花子,attribute::[from::本屋,to::駅],point::begin],
timelag::[value::10,unit::min]]]]]
[act::[type::move,agent::太郎,
attribute::[from::本屋,to::駅,device::bicycle,speed::[value::350,unit::mpm]],
interval::[t::7,t::8]]]
[constraint::[type::timedif,attribute::[timedif::simultaneously,
act_1::[type::move,agent::花子,attribute::[from::本屋,to::駅],point::end],
act_2::[type::move,agent::太郎,attribute::[from::本屋,to::駅],point::end]]]]]

```

図 1: 中間表現

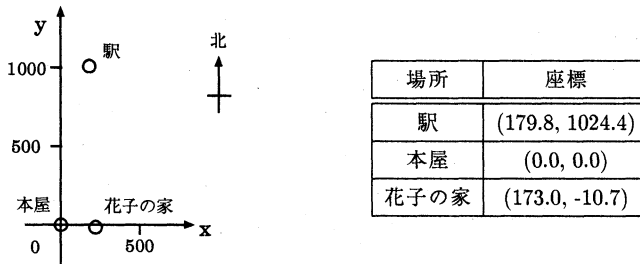


図 2: 位置関係 (単位: m)

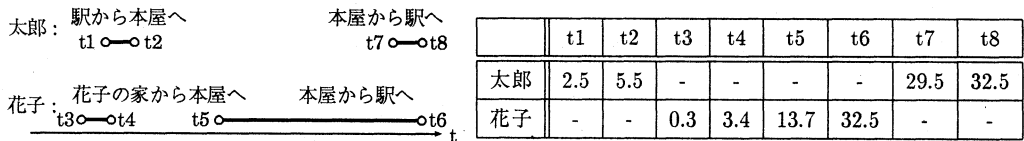


図 3: 動作時間 (単位: 分)