

# 運転指示文における時空間的意味構造の抽出への取り組み

理学専攻・情報科学コース 稲子 明里 (指導教員: 小林 一郎)

## 1 はじめに

近年、車の自動運転の実用化に向けた動きが活発化している。車を運転できない人でも自動運転車を操作するために、より操作を容易にする手法の開発が期待されている。なかでも、口頭指示による対話的な操作は、車への意思疎通を行う手段として今後必要になることが予想される。そこで我々は、自然言語で表現された自動運転車への操作指示内容と実世界との対応づけを目的とし、操作指示内容を車の操作へと結びつける時空間意味記述の生成を目指す。

## 2 空間意味記述

本研究で用いる空間意味記述 Spatial Description Clause(SDC)[1] について説明する。SDC では、空間的意味に従って文の言語要素を分類する。自然言語は階層的な性質を持つため、SDC は木構造の形をしている。SDC の各言語要素は figure  $f$ , relation  $r$ , landmark  $l$  の3つのフィールドのいずれかに属する。さらに、各SDC は定義された意味タイプがタグ付けされていて、EVENT, OBJECT, PLACE, PATH の4つのタイプに分けられる。ここで、EVENT は実行される行動のシーケンス、OBJECT は人や車などの物体、PLACE は場所を表し、PATH は経路や方向を示す。

## 3 空間意味記述の拡張

従来のSDC では、ナビゲーションが目的であったため4つのタイプで十分であったが、我々は自動車を操作するための多様な言語指示の中に現れる表現に対応するため、view  $v$ , condition  $c$  という新たなフィールドを追加する。ここで  $v$  は話者の視点とは違うところに明示的に設定されている場合にノードが持っている空間的な関係、 $c$  はノードが満たすべき条件を表す。さらに、VIEW, STATE という2つのタイプを追加する。VIEW はある点から他の点への空間方向、STATE は状態や条件を表す。

## 4 空間意味記述の生成

本提案手法は、前処理として、文における空間的意味の依存関係が構文木として表示できるような Combinatory Categorical Grammar(CCG)[2] ベースの文法を定義し、この構文木から時空間意味記述への変換を行うことを目指している。図1に概要図を示す。

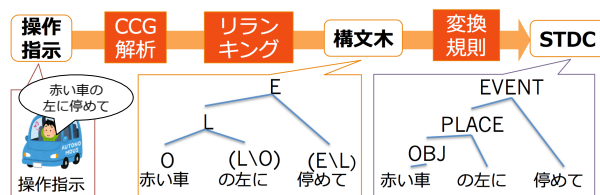


図1: 本研究の概要図

## 4.1 CCG 解析

CCG とは、カテゴリに対する関数適用により構文解析を行う語彙化文法の1つである。CCG のカテゴリは、基底カテゴリと、それらを演算子 “\”, “/” で組み合わせて再帰的に定義される関数型カテゴリから成る。本研究では規則の1つである関数適用規則:  $X/Y Y \Rightarrow X Y$ ,  $X \backslash Y \Rightarrow X$  を用いる。(  $X$  と  $Y$  は任意のカテゴリ) さらに、CCG で扱われている統語カテゴリを用いずに、SDC のタイプに従い E(EVENT), O(OBJECT), L(PLACE), P(PATH), S(STATE), V(VIEW) を基底カテゴリとして入力文を解析する。構文解析手法には、Shift-Reduce 法を用いる。SHIFT と REDUCE-X をアクションとして適用した。(  $X$  は任意のカテゴリ) どちらのアクションも標準の定義に従う。解の探索はビームサーチで行った。候補のスコアは解析の処理過程において識別された各 REDUCE-X の対数尤度の和である。アクションを識別するモデルにはロジスティック回帰を適用した。

## 4.2 リランキング

Shift-Reduce 法による構文解析では、構文木のグローバルな構造は考慮されていない。解候補に対して、それらの構文木のグローバルな構造を素性としてリランキングを行う。ロジスティック回帰による識別で導出される事後確率をスコアとしてとり、最もスコアが高いものを解とする。訓練データを作成する際は、正解データを正クラス、出力された解候補の中で正解データでない候補を負クラスとする。

## 4.3 変換規則

パーザによって解析された木を SDC に変換する方法について説明する。変換は深さ1の部分木ごとに行い、日本語の駐車指示コーパスを参照して得たヒューリスティックな知識に基づいた変換規則を用いる。この変換規則は条件に合致するかどうかによって、49個存在する。

## 5 実験

駐車指示から SDC への変換に対する評価実験について述べる。

### 5.1 実験設定

対象データには、クラウドソーシングによって集められたコンビニエンスストアの駐車場での駐車シーンにおける6,019文の日本語の駐車指示コーパスを用いた。駐車シーンにランドマークは6つ、駐車可能なスペースは2つ含まれる。

### 5.2 実験結果と考察

まず、リランキングを適用した場合と適用していない場合のコーパス全体での精度の結果を表1に示す。「全体の正解率」は、すべてのデータのうち構文解析パターンが解と同じだった割合。「構文解析できる正解率」は、すべてのデータのうち構文解析できた割合。「構文解析できた正解率」は、構文解析できたデータの

中で正解だった割合を表す。リランキングを行ったことにより、全体の精度が改善されたことがわかる。また構文解析できなかった文とパーザの出力の解候補中に正解が1つも入っていない文を抜けば、リランキングをした場合の精度は0.943となる。次に、コーパス

表 1: パーザの精度

リラン キング	全体の 正解率	構文解析 できた確率	構文解析できた 文の正解率
なし	0.618	0.937	0.659
あり	0.847	0.937	0.904

の駐車指示をパーザを用いて生成した構文木について、SDC への変換を行う実験結果について述べる。表 2 はパーザから出力された構文木から SDC への変換精度を表している。「全ての木」は、パーザから出力された全ての構文木を SDC に変換した場合の精度であり、「正解木」はパーザから出力された構文木の中で正解だった構文木のみを SDC に変換した場合の精度である。精度においては、SDC の構造が正解データと完全に一致していたら正しいとみなす。括弧内は実験データの数である。パーザから出力された構文木が正しい場合には、SDC に正しく変換できたことを示している。

表 2: 構文木から SDC への変換精度

全ての木	正解木
0.847(6019)	1.0(5098)

## 6 時空間意味記述への拡張

Kollar ら [1] の研究では、空間的な情報のみを対象にして、自然言語から意味構造を生成していた。一方、時間的な順序関係を持つ複数のイベントから成る自動運転車への操作指示を理解するためには、空間意味記述に時間概念を導入し、イベントの時間順序関係を同定することが不可欠と考える。そこで我々は、SDC に新たに time t というフィールドと TIME, PROCESS, TRANSITION という 3 つのタイプを追加することにより、時空間意味記述 Spatial Temporal Description Clause(STDC) への拡張を行った。これにより、「11 時になったら駅に向かって」のような時刻が含まれる操作指示や、「目の前の車が出たらそこに停めて」のような時系列順にイベントが連なっている指示、「前の車と並んで行くから、車間距離を詰めて」のような依存関係を持つイベントが含まれる指示が扱えるようになる。ここで、t は時間概念を含んだイベント、TIME は時刻などの直接的な時間表現、PROCESS は連続するイベントまたは状態を合成したイベントを表す。TRANSITION はイベントや状態間の依存関係や因果関係を含むイベントを表し、片方の状態やイベントがトリガーやゴールになる様な 2 つの状態やイベントの合成を行う。TIME は EVENT の入れ子となり、relation フィールドに属する時間表現を持つ。時刻が EVENT によって参照される場合には、TIME の下に入れ子になる可能性が有る。PROCESS は、PROCESS 自体が landmark フィールドにイベントや状態を子と

して持つ形になる。また、イベントが 3 つ以上ある場合には、PROCESS の下に、EVENT や PROCESS が入れ子構造になって合成される。TRANSITION も PROCESS と同様の構造を持つ。PROCESS として扱う 2 つのイベントまたは状態間の時間順序関係は、Allen の時区間論理 [3] に基づいている。さらに、事象間の時間順序関係には、TempEval-2[4] と同様の定義で AFTER, BEFORE, OVERLAP, OVERLAP-OR-AFTER, OVERLAP-OR-BEFORE, VAGUE という 6 種類の関係ラベルの内の 1 つを付与する。事象間の時間順序関係を含む STDC を生成する場合は、識別モデルを用いてクラス分類を行い、時間順序関係ラベルの推定を行う。また、時間的な順序関係を持つ複数のイベントから成る操作指示の中には、時間表現が省略されている場合もある。そのような場合に対処するために、CCG の組み合わせ規則の 1 つである等位接続規則:  $X \text{ CONJ } X \Rightarrow X$  を CCG 解析で用いる。ここで X は任意のカテゴリで、CONJ は “and” や “or” を意味する言葉のカテゴリとして使用される。等位接続規則では、同じカテゴリを持つ構成要素を合成することができるので、操作指示において 2 つの EVENT 間の時間的な順序関係を意味する表現が省略されていても、EVENT のカテゴリ同士を合成することによって、補完することが可能である。

## 7 おわりに

本研究では、SDC のタイプに VIEW や STATE を追加することで、自動運転車への多様な操作指示を扱えるようにするための拡張を行った。また前処理として、文における空間的意味の依存関係が構文木として表示できるような CCG による文法を定義し、この構文木から SDC への変換を行う手法を提案した。さらに SDC に時間概念を取り入れ STDC に拡張することで、時間が表されている指示や時間軸上にイベントが連なる指示を扱えるようにした。今後の課題として、TIME や PROCESS, TRANSITION にあたる表現を含む操作指示を用いた評価実験の実施、未知語処理の実装、イベント間の時間順序関係を推定する手法の考案が挙げられる。

## 参考文献

- [1] T. Kollar, S. Tellex, D. Roy and N. Roy. "Toward understanding natural language directions". In Proceedings of HRI, 2010.
- [2] S. Tellex, T. Kollar, S. Dickerson, M. R. Walter, A. G. Banerjee, S. Teller and N. Roy. "Understanding Natural Language Commands for Robotic Navigation and Mobile Manipulation". In Proceedings of AAAI, 2011.
- [3] James Allen. "Maintaining knowledge about temporal intervals". In Communications of the ACM, 1983
- [4] M. Verhagen, R. Gaizaukas, F. Schilder, M. Hепple, G. Katz, and J. Pustejovsky. "Semeval-2007 task 15: Tempeval temporal relation identification". In Proceedings of the 4th International Workshop on SemEval-2007., 2007.