

# SLP から ZIPC(\*<sup>1</sup>)への Export。その精義化の事例

(株)ジェーエフピー

2011/11/15

本ファイルは、要求仕様から設計(状態遷移表)へとシームレスに移行するために、SLP で要求仕様を精義化(\*<sup>2</sup>)する過程を説明する。

(\*<sup>1</sup>) ZIPC はキャッツ株式会社の製品である。

(\*<sup>2</sup>) 「精義化」とは “refinement” が原語で、当社の訳である。

今回用いられた要求仕様は、電動アシスト自転車のアシスト機能に関する要求仕様である。  
(参考 : <http://nttd-mse.com/solution/service/axis/axis1.html>)

要求仕様の原文は以下のとおり。

-----

アシスト時には回転センサがクランクシャフトの回転速度を測定し、走行速度が 15km/時までは、走行速度に応じてトルクを発生させ、アシストを開始する。

クランクシャフト回転中に、時速 15km/時を超える速度では、安全のために、アシストするトルクを徐々に低減させる。

同様に時速 25km/時以上ではアシストを停止させる。

-----

電動アシスト自転車のアシスト機能に関する要求仕様の精義化の過程を説明する。

■Step1. 原要求仕様を SLP で記述し、検証を行い、原要求仕様を不整合や漏れ抜けのないようにする。

・ Step1.1. 要求仕様をできるだけそのままに SLP で記述する。

[ファイル名：アシスト機能\_1-1.slp]

まず始めに、要求仕様をできるだけ原文の通りに記述する。

記述した際、幾つかの疑問点を「コメント文」か「我思う」でメモしておく。

今回は分かりやすいようにコメント文を使用した。

```
if ◇{アシスト時}
  (:何が「アシスト時」なのであろう。主語がない。
  (:「アシスト時には～アシストを開始する」は同語反復的である。
  if <回転センサ>{クランクシャフトの回転速度を測定}
    (:「回転センサがクランクシャフトの回転速度を測定し」というのは
    (:クランクシャフト回転を測定する回転センサが存在していることを指す。
    if <走行速度>{15km/時以下}
      (:「まで」は「以下」と解釈される。
      (:また0km/時以上についても考慮すべきであらう。
      Do<トルク>{走行速度に応じて発生させよ}
      (:概要的な仕様内容である。
      Do<アシスト>{開始せよ}
      (:ここまでが機能内容欄の最初の文である。
    else
      if <クランクシャフト>{回転中}
        if <走行速度>{25km時以上}
          Do<アシスト>{停止せよ}
        else
          Do<トルク>{徐々に低減させよ}
          (:概要的な仕様内容である。
        endif
      else
      endif
    endif
  else
  endif
else
endif
```

図1 アシスト機能\_1-1.slp

- ・ **Step1.2.** 原要求仕様を検証し、修正する。

[ファイル名：アシスト機能\_1-2.slp]

要求仕様の明らかな不具合を修正する。

①：メンバー名漏れ

- ・ 「アシスト時には～、アシストを開始する」とあるが、アシスト時のメンバー名がない。  
さらに、「アシストを開始する」で終わっているため、日本語としておかしい。「<アシスト機能設定>が{ON}ならば」と修正した。

②：条件漏れ

- ・ 2 つ目の文で、トルクを低減する(アシスト機能が稼動している)時の条件に「クランクシャフト回転中に」とあるが、走行速度が 15km/時までのアシスト開始状態の条件には「クランクシャフト回転中」の条件がないので追加した。
- ・ アシストが開始する時の走行速度の範囲について、最小値が設定されていないため、「<走行速度>{0km/時超}」の条件を追加した。

③：曖昧な表現

- ・ 「走行速度に応じてトルクを発生させ」や「トルクを徐々に低減させる」という、詳細ではない表現があるため、Fn 構文を用いて単位機能として記述した。

④:処理の抜け

- ・ 時速 25km 以上の時とクランクシャフト無回転時のトルクの動作が抜けていたので、「トルクを停止せよ」として追加した。

この時点での要求仕様は以下の通り。

-----  
アシスト機能設定がONの場合、回転センサがクランクシャフトの回転速度を測定し、クランクシャフトが回転中ならば、走行速度に応じてトルクを変化させる。

- ・ 走行速度0km/時の場合  
トルクを停止させ、アシスト機能を停止させる。
- ・ 走行速度0km/時を超え、走行速度15km/時以下の場合  
走行速度に応じてトルクを発生させ、アシストを開始する。
- ・ 走行速度15km/時より大きく、走行速度25km/時未満の場合  
安全のために、アシストするトルクを徐々に低減させる。
- ・ 走行速度25km/時以上の場合  
安全のために、トルクを停止しアシストを停止する。

クランクシャフトが無回転ならば、トルクは発生せずアシストは停止する。

アシスト機能設定が OFF の場合は、トルクは発生せずアシストは停止する。

-----

```

if <アシスト機能設定>{ON}
  (:「アシスト時には」を「アシスト機能が働いている状態」と解釈した。
  (:このアシスト機能を働かせるスイッチのようなものはあると想定した。
  (:そして<アシスト機能設定>が{ON}の場合と条件化した。
  if <回転センサ>{クランクシャフトの回転速度を測定}
    if <クランクシャフト>{回転中}
      (:クランクシャフトが回転中である条件は、時速15km/時以下も必要であるため、この箇所に移動した。
      if <走行速度>{0km/時超}
        (:<走行速度>が{0km/時超}の場合を条件として入れた。
        if <走行速度>{15km/時以下}
          Fn[ 走行速度に応じてトルクを発生させよ ] (1)
          (:Do文<トルク>を{走行速度に応じて発生させよ}をFn文とした。
          (:機能を命名し、後に詳細に記述するためである。
          Do<アシスト>{開始せよ}
          (:<アシスト>{開始}とは、走行速度に応じて、走行に力を貸すことを指すのだろう。
        else
          if <走行速度>{25km/時未満}
            (:<走行速度>{25km/時以上}の条件を<走行速度>{25km/時未満}の条件と入れ替えただけ。
            Fn[ トルクを徐々に低減させよ ] (2)
            (:Do文<トルク>{徐々に低減させよ}をFn文とした。
          else
            (:これは<走行速度>{25km/時以上}の条件のケースである。
            Do<トルク>{停止せよ}
            Do<アシスト>{停止せよ}
          endif
        endif
      else
        Do<トルク>{停止せよ}
        Do<アシスト>{停止せよ}
        (:<走行速度>{0Km/時}のケースである。
        (:この時、自転車は走っていないため、<トルク>を{停止}し<アシスト>機能を{停止}させることにした。
      endif
    else
      Do<トルク>{停止せよ}
      Do<アシスト>{停止せよ}
      (:クランクシャフトが無回転のケース
      (:この時、自転車を漕いでいないため、<トルク>を{停止}し<アシスト>機能を{停止}させることにした。
    endif
  else
    endif
else
  Do<トルク>{停止せよ}
  Do<アシスト>{停止せよ}
  (:アシスト機能設定がOFFのケース
  (:アシスト機能は働かないため、<トルク>を{停止}し<アシスト>機能を{停止}させることにした。
endif

```

図2 アシスト機能\_1-2.slp

■Step2. SLP の単位文を状態遷移を表現する 5 要素に分類し、整理する。・単位文とは、メンバー名と状態名から成る、1 主語と 1 述語の SLP の基本の文のこと。

・5 要素とは、事象、条件、状態遷移元、状態遷移先、処理/動作である。

・Step2.1. メンバー名の先頭に、識別記号を付加して分類する。

[ファイル名：アシスト機能\_2-1.slp]

各文を"事象"、"条件"、"処理/動作"、"状態遷移元"、"状態遷移先"に分類するため、メンバー名に【事】【条】【処】【元】【先】の接頭語を付加する。

```
(:メンバー名の先頭に、識別記号を付加して分類した。
if <【条】 アシスト機能設定>{ON}
  if <【事】 回転センサ>{クランクシャフトの回転速度を測定}
    if <【条】 クランクシャフト>{回転中}
      if <【条】 走行速度>{0km/時超}
        if <【条】 走行速度>{15km/時以下}
          Fn[ 走行速度に応じてトルクを発生させよ ] (1)
          Do<【先】 アシスト>{開始}
        else
          if <【条】 走行速度>{25km/時未満}
            Fn[ トルクを徐々に低減させよ ] (2)
          else
            Do<【処】 トルク>{停止せよ}
            Do<【先】 アシスト>{停止}
          endif
        endif
      else
        Do<【処】 トルク>{停止せよ}
        Do<【先】 アシスト>{停止}
      endif
    else
      Do<【処】 トルク>{停止せよ}
      Do<【先】 アシスト>{停止}
    endif
  else
    Do<【処】 トルク>{停止せよ}
    Do<【先】 アシスト>{停止}
  endif
endif
```

図 3 アシスト機能\_2-1.slp

・**Step2.2.** 分類した状態遷移の 5 要素の単位文を、SLP で規則に「正規化」し (canonicalize) 記述する。

[ファイル名：アシスト機能\_2-2.slp]

以下のルールに従って、要求仕様を整理する。その際、抜けがある場合はメンバー名に接頭語を付加した文を追加する。

- ・ 「事象」と「条件」と 「状態遷移元」は、条件文 (if 構文または switch 構文) で記述する。
- ・ 「処理/動作」と「状態遷移先」 は、命令文 (Do 構文) で記述する 。
- ・ ボトムのネスト(下位に if 構文を含まない Do 文の箇所)には、「処理/動作」と「状態遷移先」を記述する。
- ・ 「処理/動作」と「状態遷移先」は「状態遷移元」と「事象」がかかったネストに記述する。

①アシスト状態の遷移元追加した。原要求仕様に記述されていないため、状態名 (case{ } の中身) が空白のままである。

②ボトムのネストのため、アシスト状態の遷移先を追加した。原要求仕様に記述されていないため、状態名 ( { } の中身) が空白のままである。

```

switch <【元】> ---①
  (:状態遷移元が抜けていたので記述した。ただし、状態遷移元が何であるかは記述していない。
case {}
  if <【条】アシスト機能設定>{ON}
    if <【事】回転センサ>{クランクシャフトの回転速度を測定}
      if <【条】クランクシャフト>{回転中}
        if <【条】走行速度>{0km/時超}
          if <【条】走行速度>{15km/時以下}
            Fn[ 走行速度に応じてトルクを発生させよ ] (1)
            Do<【先】アシスト>{開始せよ}
          else
            if <【条】走行速度>{25km/時未満}
              Fn[ トルクを徐々に低減させよ ] (2)
              Do<【先】>{} ---②
              (:状態遷移先が抜けていたので記述した。ただし、状態遷移先が何であるかは記述していない
            else
              Do<【処】トルク>{停止せよ}
              Do<【先】アシスト>{停止}
            endif
          endif
        endif
      else
        Do<【処】トルク>{停止せよ}
        Do<【先】アシスト>{停止}
      endif
    else
      Do<【処】トルク>{停止せよ}
      Do<【先】アシスト>{停止}
    endif
  else
    endif
  else
    Do<【処】トルク>{停止せよ}
    Do<【先】アシスト>{停止}
  endif
case {}
case {}
else
endsw

```

図 4 アシスト機能\_2-2.slp

### ■Step3. SLP 文書を要求仕様レベルから設計レベルまでに詳細化する

- ・ **Step3.1.** 論理の整合をとりながら、要求仕様の詳細を明確にする

[ファイル名：アシスト機能\_3-1.slp]

SLP 構文により論理整合性をとりながら、記述が漏れている点や必要な要求を明確にする。

- ① アシストの取りうる状態を停止、開始、低減、一時停止の 4 つとし、抜けていた状態遷移元、状態遷移先について記述した。
- ② 走行速度の条件(数値)について検討し、適切な値に修正した。

この時点での要求仕様は以下の通り。

-----

アシスト機能設定がONの場合、回転センサがクランクシャフトの回転速度を測定する。

#### (1) アシスト停止

- ・ 走行速度が0km/時の場合は、トルクは停止し、アシストを停止状態にする。

#### (2) アシスト開始

- ・ クランクシャフトが回転中で、走行速度が1km/時以上15km/時以下の場合は、速度に応じてトルクを発生させ、アシストを開始状態にする。

#### (3) アシスト低減

- ・ クランクシャフトが回転中で、走行速度が15km/時を超え24km/時未満の場合は、安全のために、トルクを徐々に低減させ、アシストを低減状態にする。

#### (4) アシスト一時停止

- ・ クランクシャフトが回転中で走行速度が24km/時以上の場合、またはクランクシャフトが無回転の場合は、安全のため、トルクを停止させ、アシストを一時停止状態にする。

アシスト機能設定が OFF の場合は、トルクは発生せずアシストは停止する。

-----

```

switch <【元】アシスト>
case{停止}
  if <【条】アシスト機能設定>{ON}
    if <【事】回転センサ>{クランクシャフトの回転速度を測定}
      if <【条】クランクシャフト>{回転中}
        if <【条】走行速度>{1km/時以上}
          (:「走行速度0km/時超」だと、少しでも動くとすぐにアシスト開始されることになる。
          (:安全性を考慮して、<アシスト>の{停止}と{開始}の閾値を1km/時に設定した。
          if <【条】走行速度>{15km/時以下}
            Fn[ 走行速度に応じてトルクを発生させよ ] (1)
            Do<【先】アシスト>{開始せよ}
          else
            if <【条】走行速度>{24km/時未満}
              (:道路交通法より、走行の補助は24km/時未満と定められているため、25km/時未満を24km/時未満と修正した。
              Fn[ トルクを徐々に低減させよ ] (2)
              Do<【先】アシスト>{低減}
              (:<アシスト>の状態に{低減}を追加した。
            else
              Do<【処】トルク>{停止せよ}
              Do<【先】アシスト>{一時停止}
              (:<アシスト>の状態に{停止}と区別を付けるために、{一時停止}を追加した。
            endif
          endif
        else
          Do<【処】トルク>{停止せよ}
          Do<【先】アシスト>{停止}
        endif
      else
        if <【条】走行速度>{1km/時以上}
          (:「走行速度0km/時超」だと、少しでも動くとすぐにアシスト開始されることになる。
          (:安全性を考慮して、<アシスト>の{停止}と{開始}の閾値を1km/時に設定した。
          Do<【処】トルク>{停止せよ}
          Do<【先】アシスト>{一時停止}
          (:クランクシャフトが無回転、つまりペダルを漕いでない時は<トルク>の発生を{停止}して、<アシスト>を{一時停止}する
          (:<アシスト>の状態に{停止}と区別を付けるために、{一時停止}を追加した。
        else
          Do<【処】トルク>{停止せよ}
          Do<【先】アシスト>{停止}
        endif
      endif
    else
      Do<【処】トルク>{停止せよ}
      Do<【先】アシスト>{停止}
    endif
  endif
case{開始}
  if <【条】アシスト機能設定>{ON}
    if <【事】回転センサ>{クランクシャフトの回転速度を測定}
      if <【条】クランクシャフト>{回転中}
        if <【条】走行速度>{1km/時以上}
          (:「走行速度0km/時超」だと、少しでも動くとすぐにアシスト開始されることになる。
          (:安全性を考慮して、<アシスト>の{停止}と{開始}の閾値を1km/時に設定した。
          if <【条】走行速度>{15km/時以下}
            Fn[ 走行速度に応じてトルクを発生させよ ] (1)
            Do<【先】アシスト>{開始せよ}
          else
            if <【条】走行速度>{24km/時未満}
              (:道路交通法より、走行の補助は24km/時未満と定められているため、25km/時未満を24km/時未満と修正した。
              ・ ・ ・ 以下省略

```

図 5 アシスト機能\_3-1.slp (抜粋)

・ **Step3.2.** 項目を階層化し、更に要求仕様の詳細を明確にした。

[ファイル名：アシスト機能\_3-2.slp]

- ① アシスト機能\_3-1.slp で、Function 欄の記述が長くなってしまったので、Fn 文を用いて階層化した。
- ② 未定だった『走行速度に応じてトルクを発生させよ』の要求仕様について設計できる粒度で詳細化した。「1～5km/時」「6～10km/時」「11～15km/時」の3段階でトルクの力が変動するように設定した。
- ③ 『トルクを徐々に低減させよ』の要求仕様についても同様に、「16～18km/時」「19～21km/時」「22～24km/時」の3段階でトルクの力が変動するように設定した。

出来上がった要求仕様は以下の通り。

-----

アシスト機能設定がONの場合、回転センサがクランクシャフトの回転速度を測定する。

(1) アシスト停止

・ 走行速度が1km/時未満の場合は、トルクは停止し、アシストを停止状態にする。

(2) アシスト開始

・ クランクシャフトが回転中で、走行速度が1km/時以上15km/時以下の場合は、走行速度に応じてトルクを発生させ、アシストを開始状態にする。

アシストする際のトルクの発生は、以下の通り。

- (a) 1～5km/時はアシストレベル1でトルクを発生させる。
- (b) 6～10km/時はアシストレベル2でトルクを発生させる。
- (c) 11～15km/時はアシストレベル3でトルクを発生させる。

(3) アシスト低減

・ クランクシャフトが回転中で、走行速度が15km/時を超え24km/時未満の場合は、安全のために、トルクを徐々に低減させ、アシストを低減状態にする。

アシストする際のトルクの発生は、以下の通り。

- (a) 16～18km/時はアシストレベル1でトルクを発生させる。
- (b) 19～21km/時はアシストレベル2でトルクを発生させる。
- (c) 22～24km/時はアシストレベル3でトルクを発生させる。

(4) アシスト一時停止

・ クランクシャフトが回転中で走行速度が24km/時以上の場合、またはクランクシャフトが無回転の場合は、安全のため、トルクを停止させ、アシストを一時停止状態にする。

アシスト機能設定がOFFの場合は、トルクは発生せずアシストは停止する。

-----

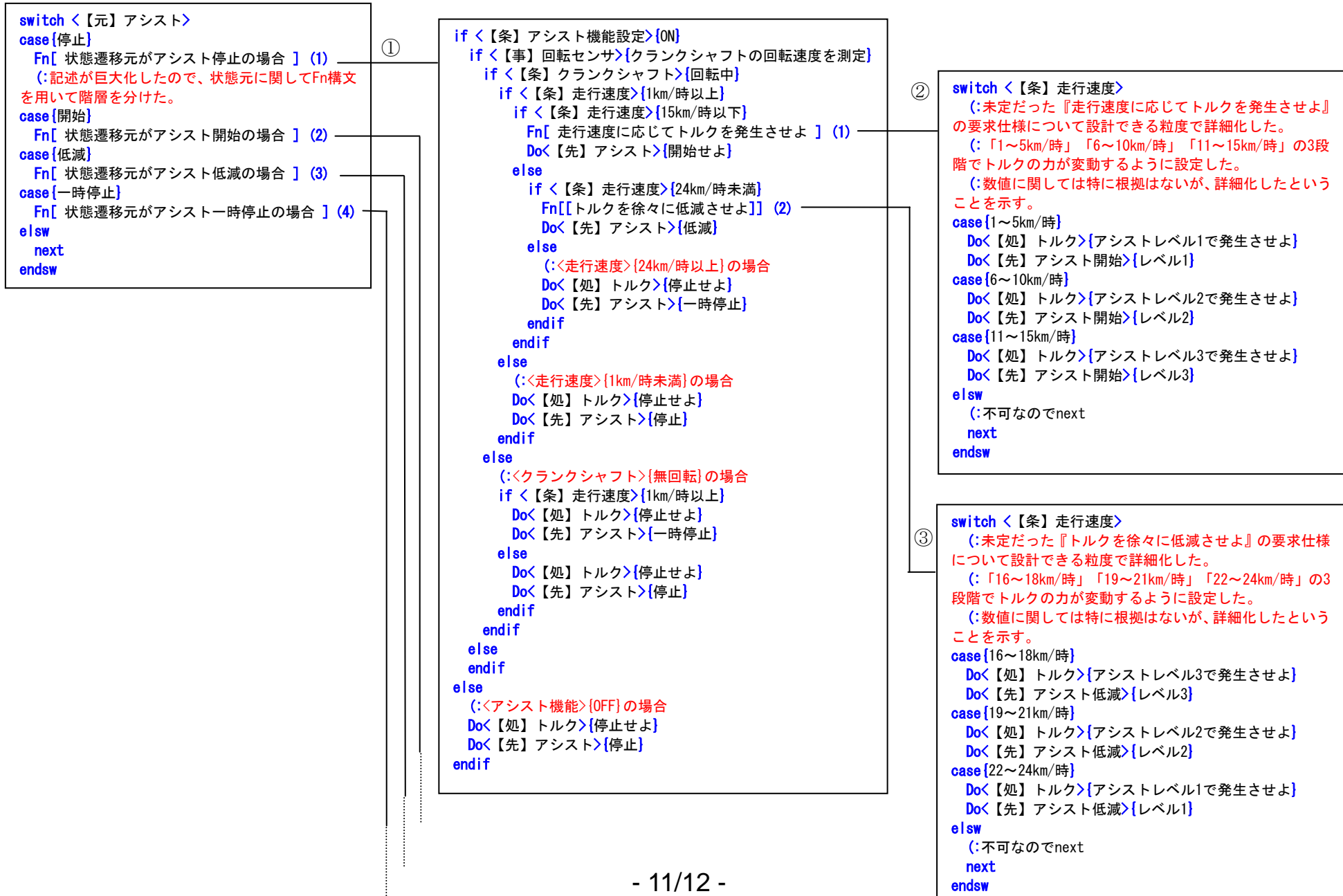


図 6 アシスト機能\_3-2.slp (抜粋)

■Step4. 状態遷移を表現する SLP 文書を、表形式で出力する。

作成した SLP ファイル[ファイル名：アシスト機能\_3-2.slp]からデシジョンテーブル[ファイル名：アシスト機能\_3-2 デシジョンテーブル.csv]を自動生成した。

■Step5. SLP のデータを元に状態遷移表（STM）に展開する。

作成した SLP ファイル[ファイル名：アシスト機能\_3-2.slp]と自動生成したデシジョンテーブル[ファイル名：アシスト機能\_3-2 デシジョンテーブル.csv]を参考しながら、状態遷移表（STM）の作成を行った。

-----

以上より、SLP を利用した要求仕様の精義化による STM モデルの開発を円滑化を図ることができた。