

# 3 秒ルールインテリジェンスによる意思決定

## Decision-Making Based on Three-Second Rule Intelligence

持田 信治\*

Shinji Mochida

3 秒ルールインテリジェンスは 3 秒後までの状況予測値に基づいて行動判断を行う人工知能であり、本研究はプロジェクトマネジメントにおけるリスク対策の発動と患者様子見行動における支援行動実施に対する意思決定への 3 秒ルールインテリジェンスの応用を検討した。そこで、3 秒ルールインテリジェンスを用いた意思決定の可能性が示されたので報告する。

キーワード：3 秒ルールインテリジェンス、ペイジアンネットワーク、様子見行動、プロジェクト

### I. はじめに

#### 1. 研究の目的

3 秒ルールインテリジェンスは、人と同じプロセスで意思決定を行う人工知能であり、人の脳で行われる意思決定を模擬する。人の大脳内には神経細胞（ニューロン）が約 100 億個あり、脳全体の神経細胞は 1000 億個あるとされる<sup>1)</sup>。神経細胞は核と樹状突起と信号伝送路に当たる軸索から構成され、樹状突起は信号入力をつかさどる受容体を持つ（図 1 参照）。神経細胞間の信号伝達はシナプス間隙において行われており、1 の神経細胞は数千以上のシナプスを持つとされる。シナプスとは神経細胞同士の接続部分のことであり、特定の信号がシナプス前部に積み重なるとシナプスに於いて信号伝達が行われる。シナプス間隙上の信号伝達は科学物資の量と組み合わせで表現されるため、各シナプスは高度な情報処理を行っていると考えられる。シナプスは人では 10 兆個あるとされ、10 兆個のシナプスの結合により経験が記録され、外部刺激により状況判断と行動発現がなされる<sup>2) - 5)</sup>。一方、ニューロン内の伝達速度は概ね、1m/秒から 100m/秒であり、最近の CPU（中央処理演算装置）は約 100 億程度のトランジスタ（7nm 製造プロセスの場合）で構成され、3Ghz（1 秒間に 30 億回の振動数）程度で動作する<sup>6)</sup>。人の神経細胞の動作速度は CPU に比べて低速であるにも拘わらず、人が高度な行動選択できる理由は、脳は並列に状況判断を行い、微小時間内に実行可能な行動候補を用意しているからであると考えられる<sup>7) 8)</sup>。そこで、本研究では、微小時間を 3 秒と定義する。例えば、慣れた行動は 3 秒以内に行動準備が整うのに対して、不慣れた行動候補は遅れて行動準備がなされるため、行動習慣が生じる。そして優先順位

が均衡する複数の行動候補が並列に用意されている状態が迷いであり、遅れて行動候補が準備され、行動選択が混乱する状態が後悔である。

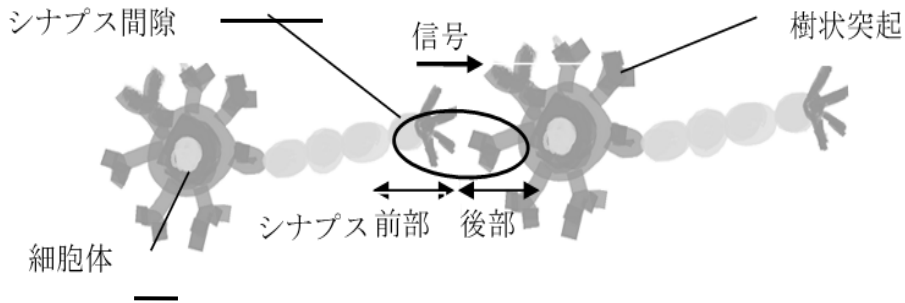


図 1. 神経細胞

## II. 3秒ルールインテリジェンス

### 1. 人の行動判断

人は行動選択に当たって、微小時間周期で次に実行可能な行動候補を選び出して、行動選択を行っており、行動候補は過去の経験と知識から選択される<sup>7) 8)</sup>。本研究での微小時間は3秒である。そこで、3秒ルールインテリジェンスは3秒後に実行可能な行動候補を人と共有することにより、人が理解可能な判断プロセスによる行動選択が実現する。3秒ルールインテリジェンスは3秒後に実行可能な行動候補の準備を行い、行動選択トリガ観察機能により行動選択を行う。行動選択トリガとは環境情報を心理的次元で配置したものの中で最優先位置にあるものであり、行動選択を左右する要因である<sup>9)</sup>。そして心理的な重み付けを行った行動選択トリガの発現観察を行うことにより、人と同じ概念駆動型処理を可能とする<sup>10)</sup>。3秒ルールインテリジェンスは経験データベースから現状認識情報をキーにして、3秒後に実行可能な行動候補を準備する。そして、ベイジアンネットワークにより、3秒後に実行可能な行動候補の優先順位を決定する。図2に示す経験データベースは遷移情報を持ち、状態遷移情報は、現在状況と行動実行後の状況情報から構成される。行動遷移時間は3秒間である(図2参照)。本研究では遷移情報をヒヤリハット報告やインシデントレポートから収集した。状態遷移情報は初期状況情報と3秒後の遷移情報を持つ。3秒間は人の行動選択の周期である。例えば、車両運行に於いて、人は3秒周期で、現在から3秒後までの遷移空間を構築することにより、運転操作に於ける事故回避を行っている(図3参照)。

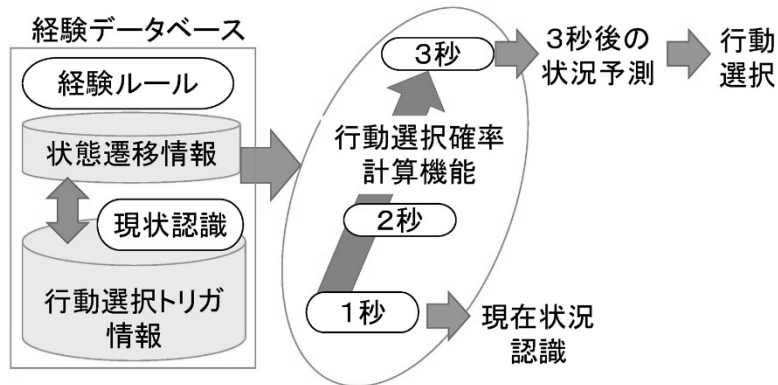


図 2. 3 秒間の遷移空間

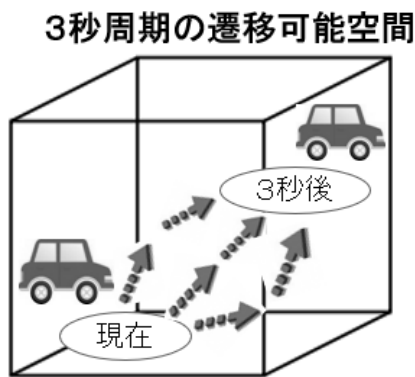


図 3. 運転操作に於ける遷移空間

## 2. 人の行動予測と 3 秒ルールインテリジェンス

人が、直ぐに行動判断ができるのは、人は微小時間後に到達可能な遷移空間を事前に構築して状況予測を行いながら、行動選択を行っているからである<sup>11)</sup>。微小時間とは 3 秒である。例えば、車両運転に於いて、先行車との安全な推奨車間距離は速度計の示す値から 15 を減じた距離であると言われており、時速 60km/h の場合の推奨車間距離は 45m である。時速 60km/h の車の速度は約 17m/秒であるため、 $45\text{m}/17\text{m}\div 3$  秒となり、推奨される車間距離を時間的に表すと約 3 秒となる<sup>12)</sup>。一方、車両運転に於ける安全な車間距離を時間で表すと、2 秒から 3 秒と言われており、車間距離が 1.8 秒を切ると人は不安を感じると言われている<sup>13)</sup>。また、報告者のビジネスシステム開発の経験から、エンターキーを押した後のシステム応答時間が 3 秒以内であればシステム利用者は概ね良好な操作感を得る。しかしシステム応答時間が 5 秒を超えるとシステム利用者は不満を感じ、システム応答時間が 10 秒を超えるとシステム利用者はシステムに対する改善を要求するとい

う状況からも、人は現時点から3秒後までの行動予測空間を構築しており、行動予測空間内で状況が進む場合には安心感を得ることができ、3秒後の状況が不確実になると不安やいらつきを感じると考えられる。以上から人は現時点から3秒後までの行動遷移空間を持って行動をしていると判断できる。

### Ⅲ. ベイジアンネットワーク

#### 1. ベイジアンネットワーク

ベイジアンネットワークとはある事象（親）と事象に関係する要因（子）との因果関係を有効グラフで表現したものであり、ベイジアンネットワークは親ノードと子ノードの因果関係を確率的な関係で表現している。そして、ベイジアンネットワークの親ノードは親（世界）が取りうる状況が発現する確率を表す<sup>14)</sup>。ベイジアンネットワークは信念ネットワークとも呼ばれ、条件付き確率テーブル上の確率値を主観的に設定することにより、人の主観を確率計算に反映できる。従って、条件付き確率テーブルに設定する確率値を主観的に設定することにより、ベイジアンネットワークは不確実な状況を表現することが可能である。そしてベイジアンネットワークの子ノードの条件が確定することにより、親（世界）が取りうる状況の確率が計算される。子ノードの条件が確定することを、エビデンスをセットと呼び、事実や状況が判明した場合には、子ノードにエビデンスが設定され、子ノードが親ノードに与える確率が決定する。以下にベイジアンネットワークを用いた計算例を示す。本例はプロジェクトが計画通りに終了する確率計算の例を示す。本例では条件付き確率とベイズ推定の式(1)を使用してプロジェクトリスクを推定する。プロジェクトリスクとは、プロジェクトが計画通りに終了しない確率、つまりプロジェクトの遅延確率である。以降、プロジェクトリスクとはプロジェクトの遅延確率であるとする。プロジェクトの遅延が発生すると費用超過や契約違反となり、費用的な損害が発生する。

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

P(A)：親（世界）が取りうる状況に対する確率 P(B)：子供（世界を説明する条件）を示す確率  
 本例ではプロジェクトが計画通りに終了する確率とスタッフからのプロジェクトの進捗に関するレポートの信頼性との関係を考え、プロジェクトが計画通りに終了する確率を P(A)、そしてスタッフからの進捗に関するレポートの信頼性を示す確率を P(B)とする。ここで、P(A)=0.9、P(B)=0.7とすると、プロジェクトが実行される世界の確率状況は図4となる。ベイジアンネットワークはある事象が取りうる世界の確率的関係を示し、エビデンスが設定されると世界が変化する。

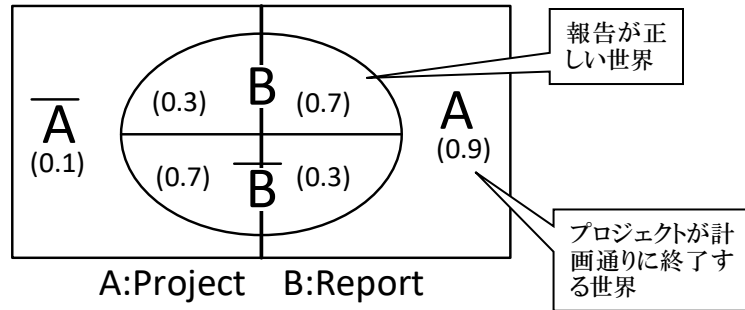


図 4. 報告を受ける前の世界確率の図

次に機械学習システムの Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis)<sup>14)</sup> を使用してプロジェクトが実行される世界の確率状況を表した様子を図 5 に示す。図 5、図 6 と表 1、表 2 は Weka 上の Project ノードと Report ノードに確率を与えている様子を示す。一般的にプロジェクトは 10%程度遅延することが知られているため、表 1 と図 5 ではプロジェクトが計画通りに終わる確率を 0.9 に設定している。ただし、図 5 に示す様に Weka のベイジアンネットワーク表示では確率 0.9 は 9000、そして確率 0.7 は 6599 と表示されている。

表 1. Weka 上の Project ノードの条件付き確率

プロジェクトの進捗状況	計画通り	遅延
確率	0.9	0.1

表 2. Weka 上の Report ノードの条件付き確率

プロジェクトの進捗状況	システム開発スタッフからのレポート (計画通りの進捗か否か)		
	計画通り	遅延	合計
計画通り	0.7	0.3	1.0
遅延	0.3	0.7	1.0

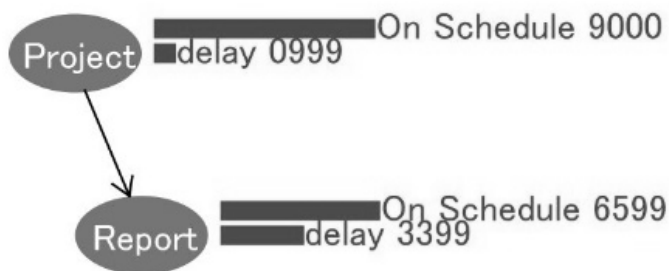


図 5. プロジェクトのベイジアンネットワーク表示

Probability Distribution Table For Project	
On Schedule	0.9
delay	0.1

Probability Distribution Table For Report	
Project On Schedule	0.7
Project delay	0.3
Report On Schedule	0.3
Report delay	0.7

図 6. Weka の Project と Report ノードの条件付き確率テーブルに確率値を与えている様子

次に、表 3 と図 7 はスタッフがプロジェクトの進捗は計画通りと報告した後のプロジェクトの実行世界を示しており、 $P(A)$ は式 (2) に示す通り 0.95 となる。図 8 は Weka で確率を計算した様子を示す。本例でのエビデンスはスタッフのプロジェクトの進捗は計画通りとの報告である。ベイジアン推定ではエビデンスと呼ばれる状況報告を与えることにより、確率世界が変化する。

表 3. 報告を受けた後の世界確率（抹消線の世界が削除された）

プロジェクトの 進捗状況	システム開発スタッフからの レポート（計画通りの進捗か否か）		
	計画通り	遅延	合計
計画通り	0.7	<del>0.3</del>	1.0
遅延	0.3	<del>0.7</del>	1.0

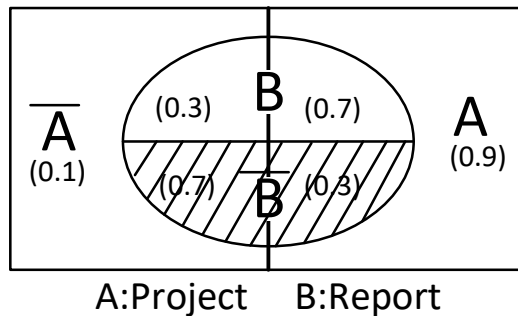


図 7. 報告を受けた後の世界確率の図（網掛けの部分の世界が消えた）

$$\begin{aligned}
 P(A|B) &= \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \\
 &= \frac{0.7 \times 0.9}{0.7 \times 0.9 + 0.3 \times 0.1} \\
 &= 0.95 \qquad (2)
 \end{aligned}$$

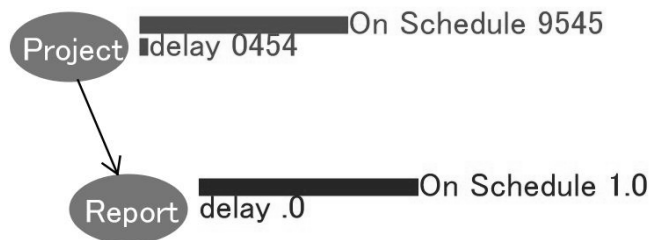


図 8. 報告を受けた後のベイジアンネットワーク表示

## 2. プロジェクトに於ける遅延分析の必要性

複数の要素が存在するベイジアンネットワークの例として、プロジェクトリスクを算出する例を示す。プロジェクトリスクとはプロジェクトの予算超過と行程遅延を引き起こすリスクである。プロジェクトではプロジェクトリスクを避けるために、リスクマネジメントにより、事前にリスクの洗い出しが行われ、プロジェクトリスクとリスク発現トリガとリスク発現時の対策をまとめたリスク管理表を作成する。そしてリスク発現トリガが観察されるとリスク対策が発動される。リスク発現トリガとはあるリスクが発現したと判断するために観測する環境要因である。しかし、リスク対策を発動すると経営資源を消費するため、リスク対策の発動には高度な意思決定が必要である。つまり、リスク対策発動には様々な状況を考慮する必要である。プロジェクトリスクが生じる主要因として、顧客からの要求仕様の精度やプロジェクトマネージャーやプログラマーの

スキルと見積もり精度がある。図9はプロジェクト中の要因の関係をベイジアンネットワークで表現した様子であり、表4は図9に示すベイジアンネットワークの各要因が取り得る値を示す<sup>15)</sup>。図10中の親ノードはプロジェクトの遅延確率（PPD）であり、子ノードにエビデンスが与えられると親ノードが示すプロジェクトの遅延確率（PPD）が変化する。

表4. ベイジアンネットワーク中の要因の内容

要素	名称	エビデンスとして取りうる値		
AE	見積精度	Low	Standard	High
SPM	プロジェクトマネージャのスキル	Low	Standard	High
STP	プログラマーのスキル	Low	Standard	High
AR	要求仕様の精度	Low	Standard	High
PPD	プロジェクトリスク(Pro+) (プロジェクト遅延確率)	遅延する	遅延しない	

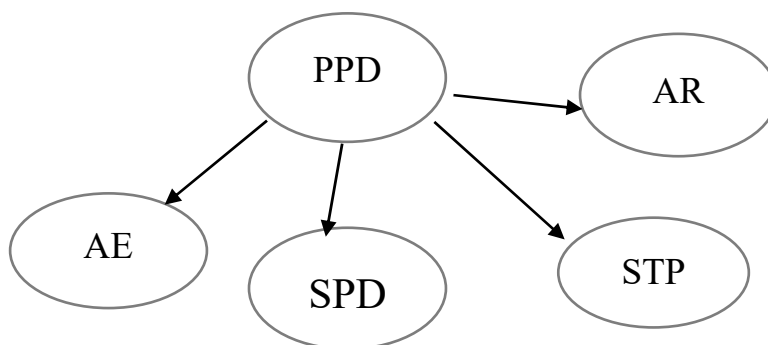


図9. プロジェクトリスクを示すベイジアンネットワーク

### 3. 遅延予測

表4に示すベイジアンネットワークの要素を WeKa で表現したものを図10に示す。図10中のプロジェクトの遅延確率（PPD）は Pro+と表現される。ベイジアンネットワークの初期状態は図10に示す通り、プロジェクトの遅延確率（PPD）は 0.5 である。一般的にベイジアンネットワークの初期値は主観値であるので、遅延する場合としない場合は共に 0.5 である。表5プロジェクト中の各リスク要因とプロジェクトの状態との関係を示す。プロジェクトの状態とはプロジェクトが遅延するか計画通り進捗するかである。表5の条件付き確率は5人のプロジェクトマネージャーからヒアリングした値の平均であり、主観値である。そして、図10に示す PPD の Pro+と Pro-の初期値を 0.5 に設定した後に各子ノードに示される確率値の計算要領を図12に示す。例え



ば、図 12 の AE の Low 値は 0.4 であり、計算要領は以下の通りである。

$$0.5 (\text{Pro+}) \times 0.7 (\text{支援必要 Low}) = 0.35$$

$$0.5 (\text{Pro-}) \times 0.1 (\text{支援不要 Low}) = 0.05$$

$$0.35 + 0.05 = 0.4 \text{ AE (Low)}$$

但し、図 10 の同値は 0.399 と表示されている。

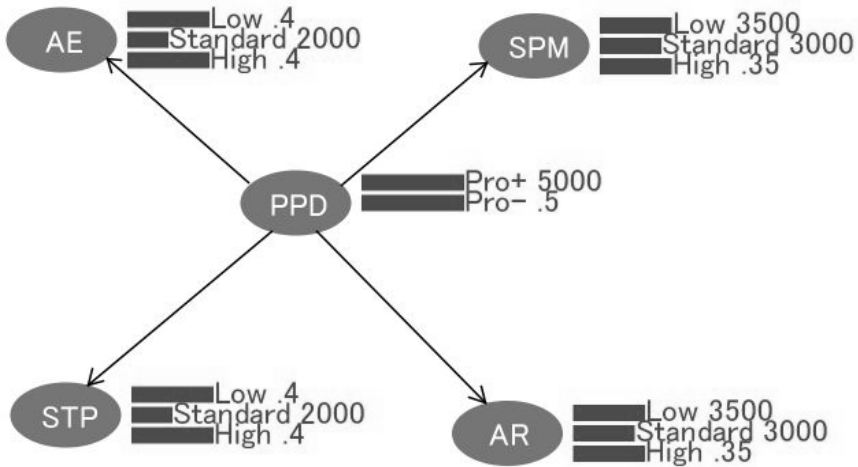


図 10. リスクのベイジアンネットワーク表現

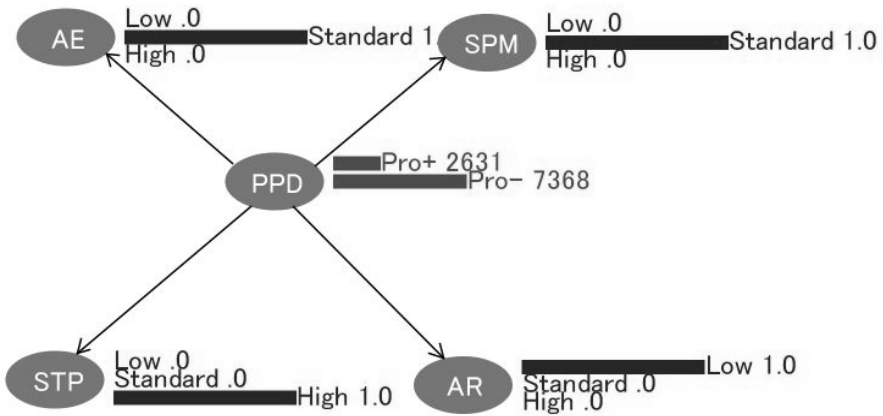


図 11. リスク予測 (Case1)

AE							
project		LOW		Standard		High	
pro+	0.5	0.7	0.35	0.2	0.1	0.1	0.05
Pro-	0.5	0.1	0.05	0.2	0.1	0.7	0.35
			0.4			0.2	0.4
SPM							
project		LOW		Standard		High	
pro+	0.5	0.6	0.3	0.3	0.15	0.1	0.05
Pro-	0.5	0.1	0.05	0.3	0.15	0.6	0.3
			0.35			0.3	0.35
STP							
project		LOW		Standard		High	
pro+	0.5	0.7	0.35	0.2	0.1	0.1	0.05
Pro-	0.5	0.1	0.05	0.2	0.1	0.7	0.35
			0.4			0.2	0.4
AR							
project		LOW		Standard		High	
pro+	0.5	0.5	0.25	0.3	0.15	0.2	0.1
Pro-	0.5	0.2	0.1	0.3	0.15	0.5	0.25
			0.35			0.3	0.35

図 12. 子ノードに表示されている確率の計算要領

次に、ベイジアンネットワークにエビデンスを与える。Case 1 のエビデンスの組みあわせは AE: 見積精度と SPM: プロジェクトマネージャーのスキルが Standard、STP: プログラマーのスキルが High、AR: 要求仕様の精度が Low である。この時プロジェクトが遅延する確率は約 0.26 であり、表 6 の Case1 と図 11 の Prot に示す通りである。

Project	設計	開発	テスト	図書	修正	合計
P1	3	4	1	1	1	10
P2	1	6	1	1	1	10
P3	1	6	1	1	1	10
平均	1.7	5.3	1	1	1	10

図 13. プロジェクトの費用区分 (通常修正費用が 10% 必要である。)

表 5. プロジェクトの条件付き確率

見積精度に関する条件確率				
	AE:見積精度			
プロジェクト状態	Low	Standard	High	合計
遅延	0.7	0.2	0.1	1.0
計画通り	0.1	0.2	0.7	1.0
プロジェクトマネージャーのスキルに関する条件確率				
	S P M : プロジェクトマネージャーのスキル			
プロジェクト状態	Low	Standard	High	合計
遅延	0.6	0.3	0.1	1.0
計画通り	0.1	0.3	0.6	1.0
プログラマーのスキルに関する条件確率				
	S T P : プログラマーのスキル			
プロジェクト状態	Low	Standard	High	合計
遅延	0.6	0.3	0.1	1.0
計画通り	0.1	0.3	0.6	1.0
要求事項の精度に関する条件確率				
	A R : 要求仕様の精度			
プロジェクト状態	Low	Standard	High	合計
遅延	0.5	0.3	0.2	1.0
計画通り	0.2	0.3	0.5	1.0

表 6. リスク要因の組みあわせ状況と遅延リスク

要素	名称	Case1	Case2	Case3	Case4
AE	見積精度	Standard	Standard	Standard	Standard
SPM	プロジェクトマネージャのスキル	Standard	Standard	High	High
STP	プログラマーのスキル	High	High	Standard	High
AR	要求仕様の精度	Low	Standard	Standard	Low
PPD	プロジェクトリスク(Pro+) (プロジェクト遅延確率)	0.26	0.125	0.142	0.056

表 6 に Case1 から Case4 までのエビデンスを与えた時プロジェクトの遅延リスクを示す。一般的にプロジェクトマネージャーとプログラマーのスキルは Standard であるため、プロジェクトの遅延確率は 10%程度であり、一般的なプロジェクトマネジメントの許容範囲内である（図 13 参照）。そこで、プロジェクト遅延のしきい値を 20%と設定した場合、表 6 の Case1 に示す様に要求仕様が Low であることが判明した場合にはプロジェクトの遅延確率が 20%を超えるので、プロジェクトリスク対策の発動が必要となり、3 秒ルールインテリジェンスはプロジェクトリスク

対策の発動を指示する。例えば、プロジェクトリスク対策としてスキルが High のプロジェクトマネージャーを投入することが考えられる。一般的なプロジェクトでは、Standard のスキルを持つプロジェクトマネージャーと Standard なスキルを持つプログラマーがプロジェクトを遂行しており、プロジェクトの遅延予想は 10% 程度である。しかし、顧客の要求仕様の精度は不確実であるため、顧客からの予想を越えた要求仕様の曖昧さや仕様変更がプロジェクトリスクを左右する。

#### IV. 患者様子見行動と患者対応

##### 1. 患者監視自動化の必要性

現在、医療現場では、患者確認に於けるダブルチェックや手順の標準化が進められている<sup>7)8)</sup>。しかし、例外的な事象が起きた場合の対応は人の判断に頼らざるを得ず、医療スタッフの経験度により、対処時間や対処方法が異なる。そこで、高度な判断できる熟練医療スタッフが求められる。加えて、医療現場では近年、安全監視と記録業務が増加しており、医療スタッフの時間的余裕が減少して、ストレスの高い職場となっている。そこで、本研究は 3 秒ルールインテリジェンスを用いた人的感覚を持つ環境評価機能を提案する。そして、本研究が目指すのは医療スタッフによる患者様子見行動の自動化である<sup>15)</sup>。患者様子見行動とは不安定な患者の事故防止のための、医療スタッフによる患者観察行動であり、患者様子見行動はスタッフがある一定時間、患者への対応行動を保留して、患者リスクの発現を観察する行動である。患者様子見行動は患者が治療室に移動する場合や、治療中は患者の動作は限定的であるため、人工知能が患者を観察できれば、スタッフの業務軽減が図れる。更に人工知能に患者観察を任せることにより、スタッフは次の業務の準備作業等が可能となり業務に余裕が生まれる。患者様子見行動は患者観察を含む状況判断とスタッフの経験により行われる行動であり、人工知能による患者様子見行動が可能になれば人と人工知能による協働作業が実現する。

##### 2. 患者リスクの評価

医療現場では、安全のために患者確認に於ける 2 重チェックや手順の標準化が進められている<sup>15)</sup>。しかし、例外的な事象が起きた場合の対応は人の判断に頼らざるを得ず、熟練医療スタッフの経験に基づく対処が求められる。そこで、本研究は熟練医療スタッフに近い状況判断機能の実現を目指して、3 秒ルールインテリジェンスを放射線治療現場に応用した。表 7 に放射線治療に於ける環境要因と要因の略称を示す。環境要因は医療スタッフからのヒアリングにより取得した。本研究では、ベイジアンネットワークにより算出した患者リスクにより、状況判断を行う。患者リスクとは患者に拘わる事故発生確率のことであり、本研究では患者リスクを患者への支援の必要性とみなす。従って、患者リスクが上昇すると患者への支援必要性が増すこととなる。患者支援の必要性があるしきい値を越えると患者への支援が必要となる。放射線治療装置は治療を行う機

械であり、今後、治療環境に関する情報の取得を機械信号として取得することが可能であり、環境状況取得の精度向上が期待できる。

表 7. 患者を取り巻く環境とベイジアンネットワークの要素

項目	内容
スタッフのスキル(SKIL)	スタッフの業務習熟度、時間帯による疲れ、集中力の低下等
治療内容の特殊性(METH)	特殊な治療を行う等
患者の状態(PAT)	意識レベル、歩行機能等
業務ストレスの状態(ENV)	時間帯や混雑状態による業務ストレス等

### 3. 患者様子見行動分析

患者様子見行動とは不安定な患者の事故防止のための、医療スタッフによる患者観察行動のことである。図 14 は医療スタッフが患者の様子を観察している状況を示しており、縦軸は患者リスクを示し、横軸は時間軸である。図 14 に示す、患者が問題無しの領域にある場合には、医療スタッフは患者を観察する必要のない状況であることを示す、例えば患者が検査に行っている状態である。次に患者が様子見状態にある場合には医療スタッフが患者を観察する必要がある状況であり、更に、患者が事故発生確率大の領域に入った場合には、患者リスクが高い状況であり、患者への支援が必要となる。例えば患者への支援行動として、患者への声掛けや治療中断がある。患者様子見行動は医療スタッフが患者への対応行動を保留して患者の様子を観察する行動であり、人工知能が患者を観察できれば、医療スタッフの業務軽減が図れる。そこで、本研究は医療スタッフの患者様子見行動の模擬を目指して、3 秒ルールインテリジェンスの放射線治療への適応を試みた。ベイジアンネットワークの親ノードが示す確率値は医療スタッフ経験に基づく患者リスク値を示している。本研究では、ベイジアンネットワークにより算出された患者リスク値は 3 秒後の患者支援行動の必要度合いを示している。そして、環境要因の変化に従い、ベイジアンネットワークの再計算を実行する。ベイジアンネットワークが示す患者リスクは患者支援行動の必要度合いを示し、患者支援行動の必要度合いがあるしきい値を越えた場合には患者への支援行動が必要となる。図 15 に本研究で設定したベイジアンネットワークを示す。図 15 中の略称は表 7 の通りであり、表 8 はベイジアンネットワークに設定した条件付き確率テーブルを示している。表 8 の各数値は医療スタッフからのヒアリングにより取得しており、医療スタッフの経験値を反映している。

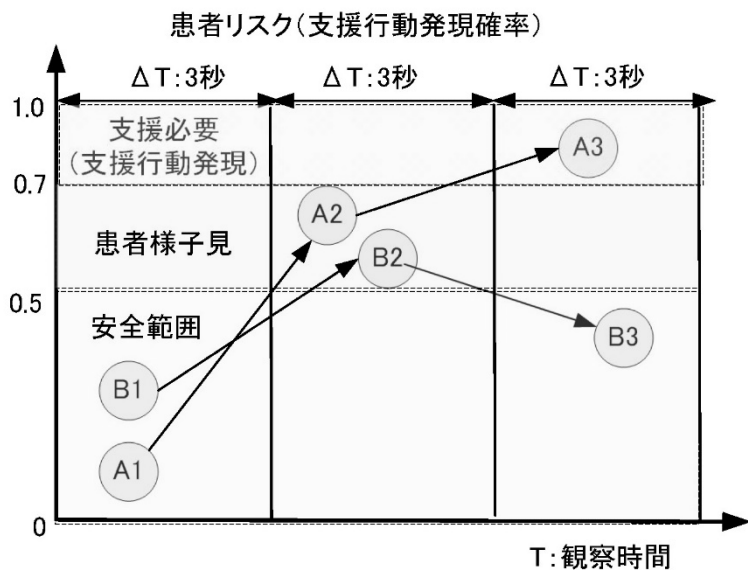


図 14. 状況判断

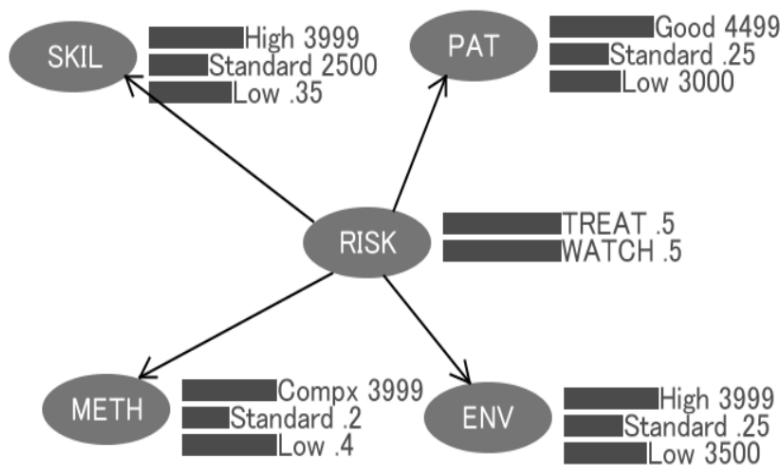


図 15. 治療環境のベイジアンネットワーク (初期状態)

表 8. 患者支援モデルのテーブル例

親テーブル (RISK)

支援が必要 (TREAT)	支援不要 (WATCH)
0.5	0.5

条件付き確率子テーブル (SKIL, PAT, METH, ENV)

スタッフのスキル (SKIL)	高 (High)	標準 (Standard)	低 (Low)
支援必要	0.1	0.3	0.6
支援不要 (患者様子見)	0.7	0.2	0.1

患者の状態 (PAT)	良 (Good)	普通 (Standard)	低 (Low)
支援必要	0.2	0.3	0.5
支援不要 (患者様子見)	0.7	0.2	0.1

治療の特殊性 (METH)	高 (CompX)	標準 (Standard)	低 (Low 通常照射)
支援必要	0.7	0.2	0.1
支援不要 (患者様子見)	0.1	0.2	0.7

業務ストレスの状態 (ENV)	高 (High)	普通 (Standard)	低 (Low)
支援必要	0.7	0.2	0.1
支援不要 (患者様子見)	0.1	0.3	0.6

#### 4. 患者様子見の評価

3 秒ルールインテリジェンスは経験データベースを持ち、経験データベースは経験ルールを持つ。経験ルールは現在情報と 3 秒後の状況予測情報に加えて、行動選択情報を持つ。本研究では経験ルールはヒヤリハット情報から抽出しており、スタッフの経験を反映している。本研究ではヒヤリハット情報から抽出した、環境の時間的変化を 3 秒間の状態遷移状況と見なして、経験ルールに記述する。経験ルールは XML 形式で登録される（図 17 参照）。本研究では、環境監視において、特定の環境変化情報が検知されると関連した経験ルールが選択される（表 9 参照）。本研究では特定の情報を行動選択トリガと呼ぶ。環境情報の監視下で、行動選択トリガが検知されると該当する経験ルールが選択され、ベイジアンネットワーク中の指定されたエビデンスが設定される。例えば患者のふらつきが検知された場合には、患者の状態判断を行う経験ルールが選択され、患者の状態が悪いことを示すエビデンスがベイジアンネットワークに設定される。図 15 に患者監視の初期状態を示す。初期状態での患者への支援必要性値は図 15 に示す通り、0.5 である。そして、患者のふらつきが検知されると、患者の状態が悪いことを示すエビデンスがベイジアンネットワークに設定され、図 16 に示す通り、患者への支援の必要性を示す値が 0.83 となる。若し、患者様子見行動が継続する場合の患者リスク値を 0.5 から 0.7 の間とすると（図 14 参照）、患者様子見行動のしきい値の 0.7 を超えたため、患者への支援が必要となる。従って本結果は、3 秒ルールインテリジェンスは医療スタッフの判断に近い行動判断が可能であることを示し、3 秒ルールインテリジェンスによる患者様子見行動の自動化の可能性を示す。図 17 にヒヤリハット情報から抽出した経験ルールを XML 形式で登録した例を示す。本研究では、行動選択トリガに記述された環境要因を監視する、行動選択トリガの自動監視ができれば、患者様子見行動の自動化が実現する。本例では患者の動きを観察して、手動でエビデンスを与えた。

表 9. エビデンス設定の行動選択トリガ

エビデンスが設定される項目	行動選択トリガの例
スタッフのスキル低下 (SKIL)	名前の聞き忘れ
治療内容の特殊性 (METH)	特殊な治療の指定
患者の状態悪化 (PAT)	歩行の蛇行、歩行の傾き、歩行速度の変化、転倒
業務ストレスの上昇 (ENV)	夕方の疲れ、集中力低下により業務ストレスの状態が高くなる



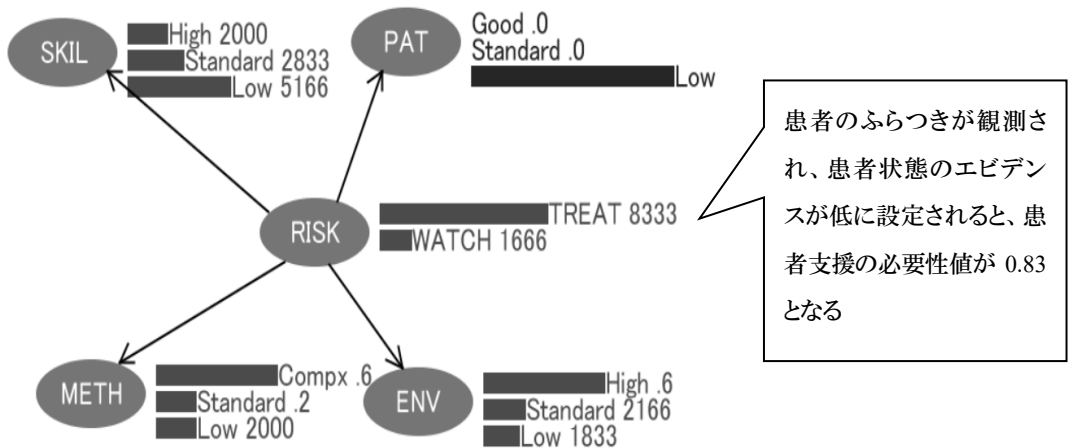


図 16. 治療環境のベイジアンネットワーク（エビデンスの設定後）

```

<Data>
<タイトル>検査後に患者が転倒しそうになった</タイトル>
<種別>ヒヤリハット</種別>
<トリガ>患者 起き上がり 歩行 停止 ふらつき 転倒</トリガ>
<初期状態>治療終了</初期状態>
<後状態>検査終了後起き上がり、検査台から降り、歩き出した
</後状態>
<発生事象>
患者が急に立ち止まったため、患者を支えた。
</発生事象>
<改善点>
検査終了し起き上がった際には、すぐに立ち上がらず、ふらつきを確認する
</改善点>
</Data>

```

図 17. 登録したヒヤリハットデータの例

## V. 考察とまとめ

本研究は 3 秒ルールインテリジェンスを用いた意思決定を検討した。3 秒ルールインテリジェンスは 3 秒後までの状況予測値に基づいて行動判断を行う人工知能であり、3 秒後の予測値をベイジアンネットワークにより算出する。そこで、本研究はプロジェクトマネジメントに於けるリスク対策の発動と患者様子見行動に於ける支援行動の実行に対する意思決定への 3 秒ルールインテリジェンスの応用を検討した。プロジェクトマネジメントに於けるリスク対策の発動では 3 秒ルールインテリジェンスは熟練のプロジェクトマネージャーに近い判断を示した。具体的には、複数のプロジェクトリスク要因がある中で顧客の要求仕様の精度が低いことが検知された場合に

は速やかにリスク対策を行う意思決定を示した。リスク対策とは、例えば、熟練のシステムエンジニアによる仕様書の見直しである。次に本研究では、患者様子見行動に於ける患者支援活動の必要性判断を試行した。試行の結果、3秒ルールインテリジェンスによる意思決定の自動化の可能性が示された。患者様子見行動に於ける意思決定とは医療スタッフによる患者支援を実行することである。3秒ルールインテリジェンスは環境監視を行い、行動選択トリガの発現を観察する。行動選択トリガの発現が検知されると対応行動の選択確率が計算される。一方、プロジェクトリスク監視では、行動選択トリガは要求仕様の精度やプログラマーのスキルであり、プログラマーのスキルはプログラムミスの回数を観測することにより客観的に測定可能である。また、患者リスクの監視に於ける行動選択トリガは患者の状態やスタッフの状態であり、患者の状態はカメラやマイクを使用して患者状況を自動監視することが可能である。3秒ルールインテリジェンスは人と同じ視点で環境要因を監視することにより、人の感覚に近い環境監視を行うことが可能である。本研究は、患者様子見行動では患者支援行動の必要性を数値で示し、患者様子見行動の自動化の可能性を示した。患者支援の必要性を示す数値は環境の変化に伴い、再計算される。しかし、今回は環境変化のトリガ検知は手動で行ったため、今後、トリガの自動検知が必要である。今後、人的感覚を持つ環境評価機能が実現すれば、病棟やICUでの患者監視の自動化が可能となる。例えば、病棟スタッフは、複数の患者の状態を同時に監視して、適切な患者対応行動を行っている。そこで3秒ルールインテリジェンスによる人的感覚を持つ患者様子見機能が実現すれば、対応の緊急度を自動的に判断することが可能となり、経験の少ない医療スタッフでも対応の優先順位を即時に知ることができ、余裕のある患者対応が実現する。今後、熟練スタッフが観察している要素を、ベイジアンネットワークに追加して、客観的にエビデンスを設定することができれば、3秒ルールインテリジェンスは熟練スタッフに近い意思決定を行うことが可能となる。更に3秒ルールインテリジェンスはエビデンスの設定過程を示す事により、意思決定の根拠を明確に示すことができ、信頼できる汎用人工知能(GAI: General Artificial Intelligence)への展開が期待できる。今後、実現が求められる汎用人工知能は判断根拠を示すことが必要である<sup>15) 16) 17)</sup>。

## 謝辞

本研究はJSPS 科研費 20K11983 の助成を受けた。また、本研究に助言と貴重な情報を頂いた広島国際大学 保健医療学部 診療放射線学科の橘昌幸教授と九州大学病院 医療技術部 放射線部門の福永淳一先生に感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) エリック.R・カンデル, 記憶のしくみ 上, 講談社, 2013
- 2) 小林春雄他:「神経情報生物学入門」, オーム社, 1990
- 3) 松本元・大津展之:「神経細胞の生物学的特性」, 培風館, 1992
- 4) 伊藤薫:「脳と神経の細胞学」, 培風館, 1975
- 5) Armand M.de Callatay, 島田禎晉訳:「人間の脳と人工知能」, 丸善株式会社, 1991
- 6) 「IBM が 2nm 半導体プロセスの試作成功、研究トップに聞く「ムーアの法則」の将来」, 日経クロステック, 2021 年 5 月 13 日
- 7) 持田信治, 池添律代, 矢鳴虎夫:「判断マトリクスを使用した内部状態モデル構築に関する研究」, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌 6 巻 1 号, 10-16, 2004
- 8) 持田信治, 橘昌幸:「人の観点から見た環境評価に関する研究」, BMFSA 学会誌 VOL11 NO.2 PP.25-31
- 9) リンゼイ/ノーマン:「情報処理心理学入門 I (感覚と知覚)」, サイエンス社, 1984
- 10) リンゼイ/ノーマン:「情報処理心理学入門 II (注意と記憶)」, サイエンス社, 1984
- 11) 持田信治:「3 秒ルール AI 実現に関する研究」, 日本経営システム学会第 62 回全国研究発表大会講演論文集, 138-139, 2019
- 12) 牧下寛, 松永勝也:「自動車運転中の突然の危機に対する制動反応の時間」, 人間工学, 38 巻 6 号 pp.324-332, 2002
- 13) 山下昇:「車間距離より車間時間を取ろう」, セイフティエクスプレス企業開発センター, 6 月号, 2008
- 14) 藤田一弥:「見えないものをさぐる」, オーム社, 2015
- 15) 持田信治:「3 秒ルールインテリジェンスを用いた患者様子見行動の模擬に向けた基礎研究」, BMFSA2020 年次大会予稿集, pp.150-153, 2020
- 16) 「人間中心の AI 社会原則の草案」, 人間中心の AI 社会原則検討会議, 内閣府, 2018 年 12 月
- 17) 「もうブラックボックスじゃない 根拠を示して AI の用途拡大」, NIKKEI ELECTRONICS 2018.09,53-58