

ベイジアンアプローチを用いた 北海道漁業の防災ナレッジマネジメントに関する研究

Knowledge management for disaster prevention of Hokkaido fishery by Bayesian approach

北海道大学公共政策大学院 ○学 生 員 河 元 隆利 (Takatoshi Kawamoto)
北海道大学大学院工学研究科 正 員 岸 邦宏 (Kunihiro Kishi)
北海道大学公共政策大学院 フェロー 佐藤 馨一 (Keiichi Sato)

1. はじめに

2006年10月6～9日にわたって北海道に上陸した低気圧は、農業・漁業に大きな被害をもたらした。特に道東・オホーツク圏においては、秋鮭漁の最盛期、ジャガイモやビートの収穫時期と重なり、被害規模は大きくなっている。中でも、秋鮭定置網の被害額は104億円と試算されており、今回の被害額全体の3割を占めた。

鮭定置網の値段は1ヶ統当たり1億数千万という高価格であり、それらが流されるあるいは破壊されるということは、漁業そのものが成立しなくなる。ひいては、地域の活力の低下や過疎化にも繋がる恐れがある。

水産業は北海道の基幹産業であり、北海道経済への影響も大きいことから、社会基盤の一つとして水産業も含めた包括的な防災対策が必要である。

また、定置網に関しては、今回のように大型の低気圧が接近しているという情報を適切に処理し、事前に魚網を抜き取るといった網管理を行うことによって被害を防ぐことが可能であった。実際に、網を事前に抜き取った経営体も多数存在している。定置網の経営体は、「台風が通過する」といった場合、魚網の一部を除去するといった細心の注意を払うことが考えられるが、今回のような「低気圧」という場合、秋鮭の最盛期であったこともあり、決断を躊躇してしまったとも考えられる。

本研究は、災害時の情報提供に着目し、水産業をケーススタディとして防災ナレッジマネジメントの適用を提案することを目的とする。

2. 北海道漁業へのナレッジマネジメントの導入

近年、企業ではナレッジマネジメントという個人の知識や情報を組織全体で共有することによって、生産性の向上、新たな知識の創出を行うという経営手法が取り入れられている。

本研究ではこの考え方を北海道漁業に導入することにより、水産業の防災力の向上を試みる。具体的には今回の鮭定置網業者（以下、網元）への情報提供に着目し、ベイジアンアプローチを用いて風水害に関する情報が、対策の意思決定にどのような影響を与えるのかを明らかにし、実際に被害を減らすにはどのような情報を共有していけばいいのかについて分析を行う。

その上で防災ナレッジマネジメントとして、どのように情報共有していけば良いのかについて提案する。

本研究のフローを図1に示す。

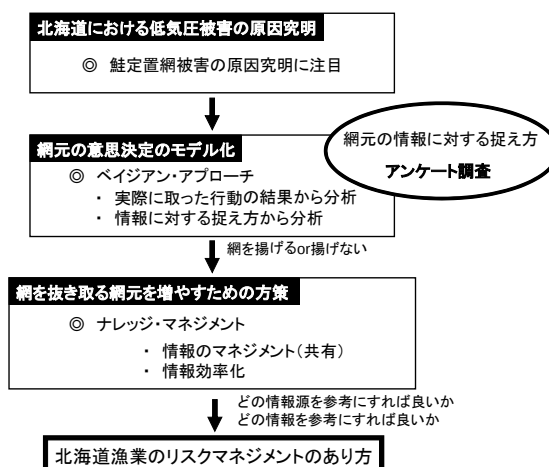


図1 本研究のフロー

3. 2006年10月6～9日の低気圧の被害について

3-1 気象データ（低気圧の発生から通過まで）

10月5日の12時に四国の前線上に低気圧が発生した。この低気圧は台風16号、17号からの暖かく湿った空気を取り込み、発達しながら本州の太平洋側海上を北東に進んだ。低気圧は、関東地方や東北地方に災害をもたらし、8日朝には、根室の南東海上を約300kmに達したあと、9日にかけて、動きが遅くなった。

北海道では、6日夜から太平洋側の海上・海岸で暴風となり、7日には全道に広がり、海は猛烈な時化となった。根室では、1939年の統計開始以来最も強い最大瞬間風速42.2mを観測、遠軽町では日雨量が統計開始以来極値である206mmを観測した。太平洋側やオホーツク海側では、暴風・高波・高潮による船舶被害や港湾施設の破壊、大雨による河川の氾濫、浸水などの被害が発生した。

3-2 被害の概要

今回の低気圧によって発生した主な被害を以下に示す。

- ①人的被害：死者0名、重傷2名、軽傷9名
- ②住家被害：全壊0棟、半壊6棟、一部破損494棟、床上浸水86棟、床下浸水262棟
- ③避難指示：北見市常呂町字日吉地区52世帯、常呂町字福山17世帯、湧別町芭露地区109世帯、別海町床丹53世帯、別海町走古丹54世帯
- ④避難勧告：佐呂間町、美幌町、湧別町、遠軽町、紋別市、上湧別町、大空町、北見市、滝上町、別海町の合計3,312世帯

⑤ライフライン被害

JR：運転見合わせ→石北線,日高線

道路：国道 10/8→11 路線 13 箇所通行止め

10/11 すべて解除

道道 10/11→22 路線 26 箇所通行止め

10/20 14 路線 15 箇所

水道：断水→上湧別町(1848 戸)・湧別町(1192 戸)

濁水による飲用制限→遠軽町(1452 戸)・滝上町(1390 戸)

→13 日 19:00 復旧

3-3 農林漁業被害

道庁の最終報告によると、最終的な被害総額は 316 億円と見積もっている。その内訳は、大まかに農業被害：17.57 億円、水産業被害：130.4 億円、林業被害：43.6 億円、道路・ダム・河川・海岸等のインフラ被害は 86.95 億円となっている。さらに、この水産被害のうち、104 億円は鮭定置網の被害であり、鮭定置網被害の全体に占める割合は約 3 割である。

2004 年に北海道で猛威を揮った台風 18 号においては、漁具被害は 28 億円、結果的に水産被害は 83 億円であった。今回の低気圧被害は定置網被害だけでも台風 18 号の被害を大きく超える。つまり、今回の事例は、規模(風速、波浪)の割に、季節による漁期、低気圧のコース、台風ではなく低気圧だという油断、といった様々な要因が重なることによって招かれた特異な事例であるといえる。

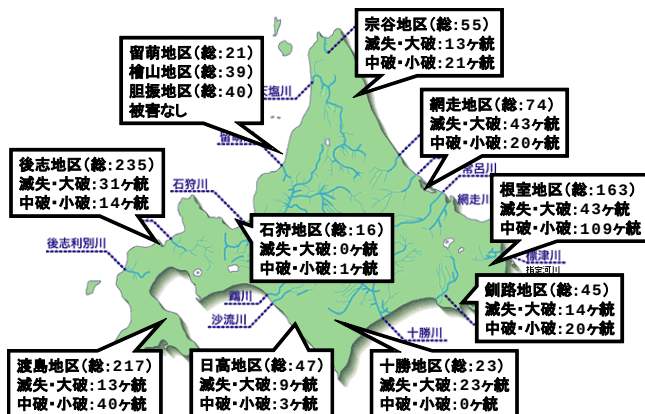


図2 北海道の秋鮭定置網数と被害数

4. ナレッジマネジメント (Knowledge Management)

4-1 ナレッジマネジメントの概要

個人の持つ知識や情報を組織全体で共有し、有効に活用することで効率を高めたり、価値を生み出すこと、そしてそのための仕組みづくりと定義される。日本語では「知識管理」などと訳され、「KM」と略されることもある。

ナレッジマネジメント (以下 KM) では、知識を「暗黙知」と「形式知」という 2 種類に分類する。暗黙知はいわゆる職人のノウハウと呼ばれるもので個人の中に蓄積される知識、一方形式知は誰でもが参照できるマニュアルといった体系化された知識である。この 2 つの知識を相互に移転し合い、結果として質の高い情報活用を行なうプロセスが KM である。

本研究では、この KM の北海道漁業への適用を試みる。

4-2 SECI プロセス

「個人の知識を組織的に共有し、より高次の知識を生み出す」ということを主眼に置いた KM を実現する場合、そのフレームワークとして以下の 4 段階のプロセスが提示されている(図 3)。

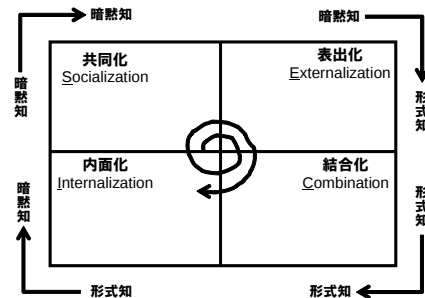


図3 SECI プロセス

このプロセスは、各段階の英語名称の頭文字をとって「SECI (セキ) プロセス」と呼ばれる。これは野中と竹内によって提唱された理論である²⁾。

個人の暗黙知が形式知化され、それが他者の行動を促進し、巡りめぐって再度個人に戻り、その暗黙知が豊かになる。さらに、それがフィードバックされて、新たな発見や概念につながるというプロセスを示している。

以下に、4 つのステップの詳細について述べる。

① 共同化 (Socialization)

個人が知っていることや思っていることを、口頭や行動によって他人に伝えることにより、その知識が組織に広まるプロセスである

② 表出化 (Externalization)

表出された多くの知識を組合わせて、より統一された体系にしたり、より高い知識にするプロセスである

③ 連結化 (Combination)

組織の多くが認めていることをノウハウ集や基準などに文章化することにより、組織全員の知識になり、認識の違いも少なくなる

④ 内面化 (Internalization)

連結化の段階は、まだ「頭で理解し、表面的に行動している」段階であり、内面化はそれが進んで個人の「心や体に染み込み、自律的に行動する」段階である

5. ベイジアンアプローチによる網元的意思決定モデル

5-1 不確実性下の意思決定

一般にハザードに関する情報は、初期段階では荒く不確実性の高い情報しか得られないが、時間の経過につれて細密で正確な情報が入手可能である。従って、網元の災害対応の決断は、経過時間と情報の確実性との折り合いの中で決定されていくと考えられる。つまり、被害が発生するリスクはあるが、もし耐えることができたなら、水揚げ金額を手に入れることができるという、不確実性下の期待値の比較である。

また、北海道における台風・低気圧など風水害に関しては、ハザードの発見から被災までの猶予時間は本州と比べると長く、比較的事前の対策は立てやすいとも考えられる。

本研究ではこのような意思決定プロセス、つまり、入手した情報に応じて意思決定が逐次変化していく過程を、ベ

表3 参考数変化後の網を揚げる網元数の増減

情報源 θ	網を揚げた $P(X_1)$	網を揚げず $P(X_2)$
参考にした $P(a')=P(a)+x$	$P(X_1 a)$	$P(X_2 a)$
参考にしない $P(b')=P(b)-x$	$P(X_1 b)$	$P(X_2 b)$

イジアンアプローチによってモデル化する。

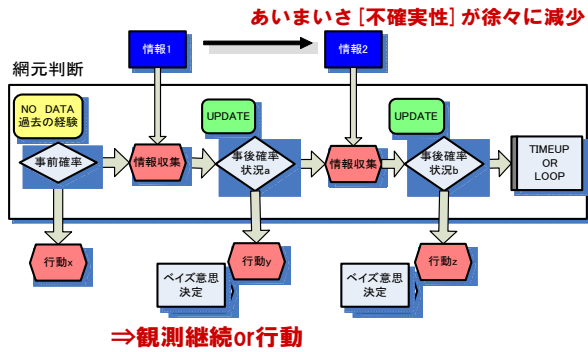


図4 不確実性下のベイズ意思決定

5-2 ベイジアンアプローチによる情報の重要度分析

行動の結果から、ある情報が得られたときに網を揚げるかどうかを考察する。

① 情報の重要度分析手法

以下のような手順で情報の重要度を評価する。分析に必要なとなるデータは表1のようになる。また、諸変数については、以下のように定義する。

θ : 情報源 or 情報内容

$P(x_1)$: 網を揚げた網元数

$P(x_2)$: 網を揚げなかった網元数

$P(a)$: 情報 θ を参考にした網元数

$P(b)$: 情報 θ を参考にしなかった網元数

表1 分析に必要な初期条件

	情報源 θ	
	参考にした $P(a)$	参考にしない $P(b)$
網を揚げた $P(X_1)$	$P(a X_1)$	$P(b X_1)$
網を揚げない $P(X_2)$	$P(a X_2)$	$P(b X_2)$

これらのデータから、ベイズの定理（式1）より、情報 θ を得た上での、網を揚げるかどうかの確率 $P(x_1, x_2|a, b)$ をそれぞれ求めることができる（表2）。

$$P(x_1|a) = \frac{P(a|x_1) \times P(x_1)}{P(a)}$$

$$P(x_2|a) = \frac{P(a|x_2) \times P(x_2)}{P(a)} \quad \dots(1)$$

表2 ベイズの定理から導かれる条件付き確率

情報源 θ	網を揚げた $P(X_1)$	網を揚げず $P(X_2)$
参考にした $P(a)$	$P(X_1 a)$	$P(X_2 a)$
参考にしない $P(b)$	$P(X_1 b)$	$P(X_2 b)$

ここで、情報 θ を参考にした網元数 $P(a)$ が $P(a')$ に変化し、かつ、式1の条件付き確率を一定と仮定すると、式2から、網を揚げる網元数に増減が生じる。この増減から、単位参考数当たりの網を揚げる確率が多くなる情報源が優先順位が高い情報であると評価できる。

$$P(x'|a) = P(x|a) \times P(a') \quad \dots(2)$$

② 重要度分析のケーススタディ

以下のデータが得られたと仮定してケーススタディを行った。

a) 情報源についての重要度比較

自動応答電話を参考にした場合とラジオを参考にした場合の情報源の重要度について評価する。

網を揚げた網元 $P(X_1)$ を 40 人、網を揚げなかった網元 $P(X_2)$ を 60 人とし、その内自動応答電話を参考にした人、ラジオを参考にした人の比率を表4のように設定した。

表4 情報源についての重要度分析

$P(X_1) + P(X_2) = 100$ の場合（総網元数100人の場合）

	自動応答電話		ラジオ	
	参考にした $P(a)$	参考にせず $P(b)$	参考にした $P(a)$	参考にせず $P(b)$
網を揚げた $P(X_1)$ 40人	32人/40人 $P(a X_1) = 0.8$	8人/40人 $P(b X_1) = 0.2$	10人/40人 $P(a X_1) = 0.25$	30人/40人 $P(b X_1) = 0.75$
網を揚げず $P(X_2)$ 60人	24人/60人 $P(a X_2) = 0.4$	36人/60人 $P(b X_2) = 0.6$	10人/60人 $P(a X_2) = 0.17$	50人/60人 $P(b X_2) = 0.83$

このデータから、ベイズの定理より各情報を参考にした上での、網を揚げるかどうかの確率 $P(X_1|a), P(X_2|a)$ を求めることができる（表5）。

表5 情報源についての重要度分析-2

	情報源	網を揚げた $P(X_1)$	網を揚げず $P(X_2)$
		網を揚げた $P(X_1)$	網を揚げず $P(X_2)$
自動応答電話	参考にした $P(a)$ 56人	32人/56人 $P(X_1 a) = 0.57$	24人/56人 $P(X_2 a) = 0.43$
	参考にせず $P(b)$ 44人	8人/44人 $P(X_1 b) = 0.18$	36人/44人 $P(X_2 b) = 0.82$
ラジオ	参考にした $P(a)$ 20人	10人/20人 $P(X_1 a) = 0.5$	10人/20人 $P(X_2 a) = 0.5$
	参考にせず $P(b)$ 80人	30人/80人 $P(X_1 b) = 0.38$	50人/80人 $P(X_2 b) = 0.62$

ここで、仮に各情報源に対して参考にするという網元数をそれぞれ14人増やすとすると、表6の条件付き確率から網を揚げる網元の増加数を求めることができる（表6）。

表6 情報源についての重要度分析 output

	情報源	網を揚げた $P(X_1)$	網を揚げず $P(X_2)$
		網を揚げた $P(X_1)$	網を揚げず $P(X_2)$
自動応答電話	参考にした $P(a')$ 70人	$P(X_1 a) = 0.57$ 40人	$P(X_2 a) = 0.43$ 30人
	参考にせず $P(b')$ 30人	$P(X_1 b) = 0.18$ 5人	$P(X_2 b) = 0.82$ 25人
ラジオ	参考にした $P(a')$ 34人	$P(X_1 a) = 0.5$ 17人	$P(X_2 a) = 0.5$ 17人
	参考にせず $P(b')$ 66人	$P(X_1 b) = 0.38$ 25人	$P(X_2 b) = 0.62$ 55人

結果から、同じ14人増やす場合でも、自動応答電話では、網を揚げる網元は+5人、一方、ラジオでは+2人と差が出る。これにより、優先的に参考にすべき情報源は自動応答電話であると決定することができる。また、このように情報源の優先順位を決めることにより、網元が意志決定の際に、どのような情報源の属性、機能を求めているのかを間接的に知ることができる。例えば、インターネット

や自動応答電話が上位にきたときは、リアルタイムの情報、情報の手に入れやすさが求められていると考えられる。

b) 情報内容についての重要度比較

上記の情報源を、「風速」「波浪」「潮位」「降水量」のような情報内容で分類することによって、これらの情報内容間の優先順位を同様に決定することができる。同様に、どのような情報内容を参考にさせることが、網を揚げることに繋がるのかという分析になる。

5-3 ペイジアンアプローチによる意思決定モデル

a) 網元の意味決定モデルの概要

この分析では、風水害に関する情報が網元の対策の意思決定にどのような影響を与えるのかについて考察する。そのため、入手した情報に応じて網元の意味決定が逐次変化していく過程を、ペイジアンアプローチによってモデル化する。つまり、網を揚げようと思う意思決定を、無情報である事前確率から、様々な気象情報を入手することによって、事後確率を更新し、判断の確からしさを高めていく過程をベイズ推定によって明らかにする。

事前確率を事後確率(情報入手)に更新するためには、アンケートを用い、網元が各情報に対して直感的に感じる定置網の危険度(危険感受性)の把握を行う必要がある(表 7)。

表 7 アンケート項目の一例

観測情報		直感的に感じる網の流されやすさ				
		流されない ← どちらともいえない → 流される				
		1	2	3	4	5
風速(海上)	40m/s程度	—	—	+	+	—

事後分布は、これらを集計して得られる分布と事前分布とが掛け合わされて修正されていくと考えられる。

参考にした情報すべてを掛け合わせた後の、事後分布は最終的に意思決定を下したときの網元が感じる流されやすさやその判断の意思の強さを表すことになる。今回、修正を加える情報は、「台風が接近」「低気圧が接近」「風速」「風向」「波浪」「潮位」「降水量」「天気図」「沿岸波浪図」「海の目視」「空模様」「風の体感」の12情報とした。

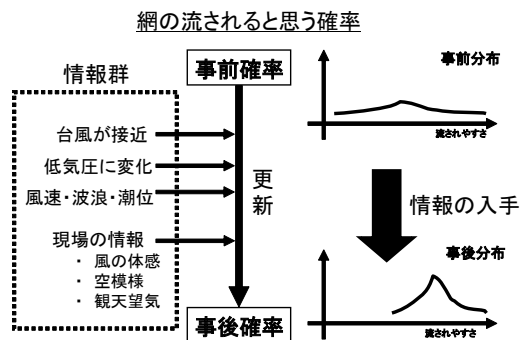


図 5 網元の意味決定モデルのイメージ図

b) 事前確率の設定

事前確率の設定には、いくつか議論があるが、ここでは以下のような状況を考え、一様分布に近い正規分布と仮定する。「低気圧が北海道に到達する前の時点、仮に10/5の12:00の時点である」とすると、網を揚げようと感じている人と網を別に揚げなくてもよいと感じている人など、様々

存在すると考えられ、さらにどちらともいえないと考えている人の割合が一番多いということが予想される。」

よって、本研究ではこのような事前確率分布を、平均=「どちらともいえない」の正規分布であると仮定する。

c) 正規分布への変換

ベイズ推定で、事前分布及び条件付き確率が同じ分布であれば、事後分布も同じ分布になる。そのため、本研究では、アンケートで得られた結果は、便宜上正規分布に変換して分析を進めていく。

d) 網元の意味決定モデルのケーススタディ

この分析では、入手した情報に応じて網元の意味決定が逐次変化していく過程を、ペイジアンアプローチによってモデル化する。このモデルを用いることによって、参考にした情報が網元の意味決定にどのような影響を与えたのかを表現することができる。

今回重ね合わせる情報は、「台風が接近」「風速 40m/s」情報の二つである。各情報が得られたときに被害が起これるという危険感受性の分布は表 8 のように設定した。

表 8 対策を講じた網元の情報に対する危険感受性
網を揚げた網元の危険感受性(直感的に感じる網の流されやすさ) 網を揚げた網元=4

情報源	流されない	どちらともいえない	一流される
事前確率	1	2	3
台風が接近	8	8	8
風速40m/s	2	3	5
	1	1	8

無情報である事前分布を、平均「3=どちらともいえない」・標準偏差「1.71」の正規分布とする。これは、表 8 に示す対策を講じた網元の一様分布を正規化したものである。網を揚げた網元の各情報に対する危険感受性の平均及び標準偏差を求めると、それぞれ事前分布(平均,標準偏差)=(3,1.71)、台風が接近(4.08,1.19)、風速 40m/s(3.93,0.89)となる。これらをベイズの定理によって重ね合わせると、事後分布(3.84,0.66)を得る。

事前分布よりも、平均は流されやすいという方向にシフトし、また標準偏差も低くなった。これは、情報によって、流されやすさの判断を修正し、また判断の確からしさが高くなったことを表している(図 6)。

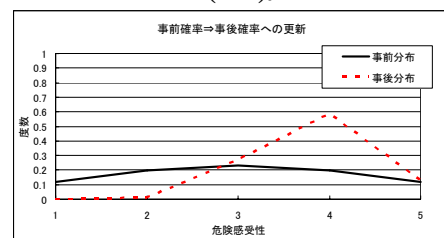


図 6 事前確率と情報入手後の事後確率

また同様に、対策を講じなかった網元の危険感受性分布から、対策を講じなかった網元の後分布を求めることができる。これらの比較によって、対策の意思決定にどのような差が生じていたのか分析することが可能である。

参考文献

- 1) 野中郁次郎、竹内弘高：「知識創造企業」東洋経済新報社、1994。
- 2) 渡部洋：「ベイズ統計学入門」、福村出版、1999。