

令和 5（2023）年度マダラ北海道太平洋の沖底 CPUE 標準化に関する資料

概要

データ	北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（月別・漁区別・船別データ）
対象	1 網あたりのマダラ漁獲量（kg／網）
データの利用可能な期間	1980 年漁期～2022 年漁期（漁期は 4 月～3 月）
標準化に使用した期間	1985 年漁期～2022 年漁期
データの抽出	中海区道東および襟裳以西における 100 トン以上のかけまわし船のデータを抽出（20,418 件）
使用した統計ソフト・パッケージ	R (ver. 4.2.2) にて “marmap”、“tidyverse”、“car”、“statmod”、“lsmeans”、“DHARMA”パッケージを使用した。
統計モデル	一般化線形モデル
候補とした主効果	漁期年、月、馬力階層、海域、根拠地
最終モデルの選択方法	変数選択に BIC を基準に用いた総当たり法を使用。 選択された主効果間で更に 1 次の交互作用を検討。
選択された説明変数	漁期年、月、馬力階層、海域、根拠地、漁期年×海域、 月×海域 ただし、海域は道東-東、道東-西、道南の 3 海域
年トレンドの抽出方法	海域ごとに各漁期年の最小二乗平均（lsmeans）を算出し、各海域のマダラ有漁漁区数で重みづけ平均することで標準化 CPUE を計算した。
信頼区間の計算方法	ブートストラップ法による 500 回のデータリサンプリングと、最終モデルによるパラメータ推定を行い、漁期年ごとに 95% 区間の計算を行った。
標準化の結果	標準化 CPUE は 2004 年漁期以降増加して、2011 年漁期以降は高い水準にあって、横ばいで推移しており、2019 年漁期以降はさらに高い過去最高の水準で横ばいに推移している。

1. 背景

沖合底びき網漁業（以下、沖底という）は北海道太平洋のマダラを漁獲する主要漁業の 1 つであり、沖底によるマダラの漁獲量が総漁獲量に占める割合は、1991～1996 漁期年は 1～2 割、それ以外の年は 3～6 割である。現在、北海道根拠の沖底船は襟裳以西から道東までを操業範囲とし、操業期間は 9 月～翌年 5 月である。操業方法は「かけまわし」と「オッタートロール」に大別されるが、沖底によるマダラの漁獲量と漁獲努力量の大部分が 100 トン以上のかけまわし船によるものであり、直近 5 年間（2018～2022 年漁期）はマダラ漁獲量の 93～95%、有漁網数の 89～93%を占めた。同一漁期年内における月や操業海域などの違いは、沖底の単位努力量当たり漁獲量（CPUE）の解釈に影響を与える可能性があるため、100 トン以上のかけまわし船の CPUE について、資源の経年変動以外の情報を取り除くため

に標準化を行った。

北海道太平洋海域の沖底は、スケトウダラなどを狙っており（FRA-SA2022-SC05-101）、マダラはその漁獲に混ざって獲れる混獲種に近い性格を持つ資源であるとされているが、本資源の資源状態や魚価などから狙いの効果について検討が必要とされている。そこで本解析では、Biseau (1998) の手法を用いて、対象資源の漁績レコードごとの漁獲量占有率と累積漁獲割合のプロットと、データフィルタリングの検討を試みた。

2. 方法

[データの抽出と整理]

漁獲量と漁獲努力量のデータとして、1985 漁期年以降の北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（月別・漁区別・船別データ）のうち、中海区道東および襟裳以西における 100 トン以上のかけまわし船の操業記録（20,418 件）を用いた。

海域は、道東-東、道東-西、道南に区分し（図 1）、3 つのカテゴリカル変数として扱った。道東-東は、沖底漁業中海区道東の釧路以東（沖底漁業小海区 31～35）、道東-西は中海区道東の釧路以西（沖底漁業小海区 30、36、37）、道南は中海区襟裳以西（沖底漁業小海区 24～29）である。馬力階層は、1985 漁期年のみ 9 階層（馬力階層コード 8～10、12～14、16～18）、1986～2020 漁期年は 3 階層（馬力階層コード 8、9、10）、2021～2022 漁期年は 2 階層（馬力階層コード 9、10）であったため、解析では 8、9、10、その他の 4 つのカテゴリカル変数として扱った。根拠地は、根室、釧路、十勝、様似、浦河、荻伏、室蘭（地域コード 19、22、23、25、26、27、29）の 7 つのカテゴリカル変数として扱った。ここで、紋別と網走（地域コード 15、17）は 1980 年代後半に合わせて 4 件しかないため、解析データから除いた。根拠地の中では釧路の CPUE が最も高いこと、様似は 2022 漁期年で CPUE が増大していたこと、室蘭の CPUE が近年増加傾向であることなどが確認された（図 2）。

Biseau (1998) の手法を用いた本資源の漁績レコードごとのマダラ漁獲量の占有率と累積漁獲量のグラフ（図 3）から、顕著な狙いの傾向は見られず、本資源が混獲性の高い魚種であることが改めて示唆された。海区や根拠地ごとにプロットすると、海域や根拠地が道東のものと比べて道南の方が左上に凸の傾向が強かった。全体として狙いの効果と考えられるような傾向は、この図からは確認されなかった（図 4）。Biseau (1998) の手法に倣って、累積漁獲割合の上側 95%、90%、80%を抽出したデータセットで時系列推移をプロットしたところ、ノミナル CPUE や有漁 CPUE（マダラの漁獲量が 0 でないデータセット）とも大きな違いは確認されなかった（図 5）。したがって、本解析では Biseau のフィルタリングによるデータの抽出は行わなかった。

[標準化モデル]

本資源ではマダラの漁獲量が見られないゼロキャッチデータが存在していたが、マダラの漁獲があった（有漁）データとゼロキャッチデータの時系列的な推移（図 6）から、ゼロキャッチデータの割合は低く、2022 漁期年は 96.1%が有漁データであった。データに占めるゼロキャッチの割合が低い場合は、CPUE に一定値を足しこんだ ad hoc な解析が有効であるため（庄野 2008）、本解析では CPUE の平均値の 0.1 倍を定数として足しこんで解析を行った。統計モデルには対数を取った CPUE に正規分布の誤差構造を仮定した一般化線形

モデル (GLM) を適用した。

説明変数として、漁期年 (FY)、月 (Month)、馬力階層 (HP)、海域 (Area)、根拠地 (Base) を用いた。変数の選択は初めに主効果のみで総当たり法でモデル選択を行い、その後、主効果に漁期年と月、漁期年と海域、月と海域の交互作用を含めたモデルについて検討した。説明変数はすべてカテゴリカル変数として扱った。モデル選択の基準にはベイズ情報量規準 (BIC) を用いた。解析には R (ver. 4.2.2)、および“car”、“statmod”、“lsmeans”、“DHARMa”パッケージを使用した。

3. 結果と考察

BIC を用いたモデル選択の結果を表 1 に示した。選択されたモデル (以降、最終モデル) は以下の通りとなった；

$$\log(\text{CPUE} + \text{constant}) \sim \text{Intercept} + \text{FY} + \text{Month} + \text{HP} + \text{Area} + \text{Base} + \text{FY} \times \text{Area} + \text{Month} \times \text{Area}$$

最終モデルの残差逸脱度 (Residual Deviance) および最大逸脱度 (Null Deviance) は 11564 と 26457 であり、残差逸脱度の 56% を説明すると計算された。説明変数はカイ二乗検定によりいずれも有意な効果を持つと考えられた (表 2)。また、説明変数間の多重共線性を確認したところ、海域の主効果についてのみ GVIF の値が大きくなったが、これは主効果と交互作用の両方で用いているためであり、標準化モデルの推定が収束していること、根拠地が説明変数にないモデルでも海域の主効果の GVIF は大きいこと、予測力に基づいたモデル選択を行っていること等から、標準化モデルの妥当性に問題はないと判断した (FRA-SA2023-SAWG02-12)。少なくとも、根拠地の GVIF は多重共線性の問題はなかった。モデルの各説明変数の残差の箱ひげ図から、中央値が 0 から大きく離れているものはなかった (図 7)。QQ プロットや残差ヒストグラム (図 8) から概ね残差の正規性が確認できたことから、CPUE 標準化モデルとして妥当であると考えられた。

上記のモデルを用い、海域ごとに各漁期年の最小二乗平均値を算出し、各海域のマダラの有漁漁区数で重みづけして平均することで標準化 CPUE を得た。有漁漁区数は、道南が 43、道東-西が 35、道東-東が 28 であった。各海域の CPUE の値と変動パターンにはちがいがみられ、漁期年全体を通して CPUE は道東-東で最も高く、道南で最も低かった (図 9)。トレンドを比較してみると 2010 年漁期以降、道東-東では大きな変動を繰り返しながら微減、道東-西では微増、道南は 2011 年漁期から 2016 年漁期まで減少後、2017 年漁期から 2022 年漁期まで急増した。各海域の有漁漁区数で重みづけ平均した標準化 CPUE は、ノミナル CPUE とよく似た変動パターンを示した (図 10)。2020 漁期年から 2022 漁期年までの 3 年間に注目すると、2022 漁期年に CPUE が急増したノミナル CPUE と比べて、標準化 CPUE は 2020 年漁期に過去最高値となって以降、2021 年漁期に微減し、2022 年漁期は 2021 年漁期とほぼ同じ値となった。

年以外の主効果のトレンド (図 11) から、海域別では道東-東、道東-西、道南の順に CPUE が高かった。月別では 1、2、5 月の CPUE が高かった一方で、9、10 月の CPUE は低かった。馬力階層は、階層 8、9、10 が 12 と比べて若干高かった。12 の馬力階層は 1985 年漁期のみに見られた、12 より大きい馬力階層をまとめたものである。根拠地の CPUE は、23 (十勝) と 29 (室蘭) が低かったのに対し、27 (荻伏) は高い傾向を示した。標準化 CPUE の

95%信頼区間をブートストラップ法によって推定した結果、2010年以降信頼区間は広めで、特に2019漁期年以降の標準化CPUEの推定不確実性があり、優位に増加トレンドであると示唆できないことが確認された（図12）。

各説明変数の標準化CPUEへの影響力を確認するために、最終モデルから説明変数を取り除いた標準化モデルを用いて標準化CPUEの推定を行った結果（図13）、推定した漁期年を通して標準化CPUEの挙動はほとんど一致した。最終モデルから月に関する情報を取り除いた標準化CPUE（Std_1とStd_2）は、最終モデルの標準化CPUE（Std_bc）と比べて、2022年漁期最終モデルの標準化CPUEと比べて、2022年漁期がわずかに増加しているように見えた。最終モデルの主効果のトレンド（図11）より月によってCPUEの値の変動が大きかったことから、月の主効果が標準化CPUEの推定に影響力を持っていることが示唆された。馬力階層を取り除いた標準化CPUE（Std_3）は、最終モデルとほとんど違いは確認されなかった。根拠地の主効果を取り除いた標準化CPUE（Std_4）は、昨年度資源評価で選択されたモデルと同じモデル構造であった。このモデルは最終モデルの標準化CPUEと比べて1986、1987漁期年や2021、2022漁期年で値の大きさが違っていた。これらの推定結果の違いは根拠地を説明変数に加えた違いに起因するものと考えられ、特に、2022年漁期の推定結果は同漁期の様似などでのCPUEの増加や、2021年漁期以降操業の無い浦河のデータ（図2）が反映されているものと推察される。

本解析ではゼロキャッチデータに対して、平均CPUEの0.1倍を定数として足しこむad hocな手法を用いた。この足しこむ定数の影響を確認するため、平均CPUEの0.01倍を足しこむ場合と、実数スケールで0.01を足しこむ場合の2通りを感度分析した。本データセットの有漁CPUEの最小値は0.011であったため、2つ目の感度分析は最小値を足しこんだものと考えられる。両感度分析の結果、選択される説明変数に違いはなかった。両モデルから推定された標準化CPUEはベースケースのものと概ね変わらない推移を示し（図14）、本資源の資源量指数が1990年代前半に低く、2000年代にかけて増加していく傾向は、足しこむ定数に対して頑健であることが示された。足しこむ定数がベースケースから小さくなるほど、ゼロキャッチデータは負の標準化残差が大きくなった（図15）。比較的ゼロキャッチデータの多かった1985年漁期～1995年漁期について、データによりフィットさせるために推定値が低くなったことが、標準化CPUEとした時にベースケースより感度分析が低くなった要因と考えられる。

漁業における狙いの考慮において、沿岸資源評価でしばしば用いられるBiseau (1998) のフィルタリングを本資源にも適用したが、狙っていると判断することができそうな、S字や右下に凸の累積漁獲割合の図とはならなかった。一方、海域や根拠地ごとに作図をすると若干の傾向の違いが確認できた。本資源に対して漁船の操業戦略などが漁期年や根拠地で変わりうるということが考えられる。本解析では根拠地を説明変数として導入したことで標準化CPUEの精度向上に寄与できたものと期待する。

引用文献

Biseau, A (1998) Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquat. Living Resour.*, 11, 119–136.

FRA-SA2022-SC05-101. 令和4（2022）年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価 沖合底び

き網漁業の年齢別標準化 CPUE について．水産研究・教育機構．

FRA-SA2023-SAWG02-12. CPUE 標準化プロトコル (2023 年度版). In 令和 5 (2023) 年度
標準化 CPUE の記載について．水産研究・教育機構．

庄野 宏 (2008) 統計モデルとデータマイニング手法の水産資源解析への応用．水産総合研
究センター研究報告, 22, 1-85.

(執筆者：濱邊昂平、千村昌之、境 磨、千葉 悟、濱津友紀)

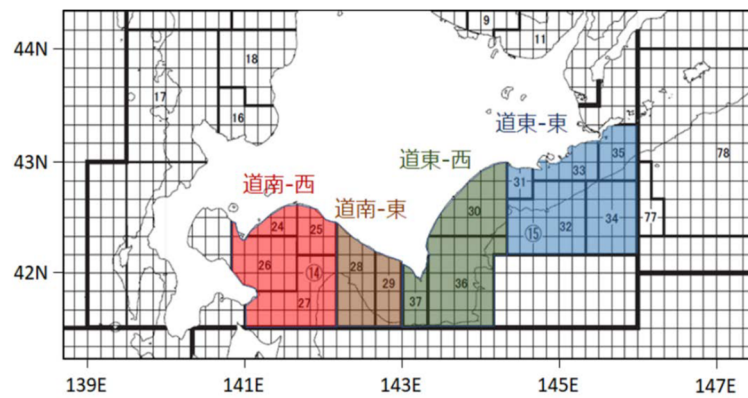


図 1. 標準化モデルの説明変数として用いた海域区分
ただし、道南-西と道東-東はまとめて「道南」として扱った。

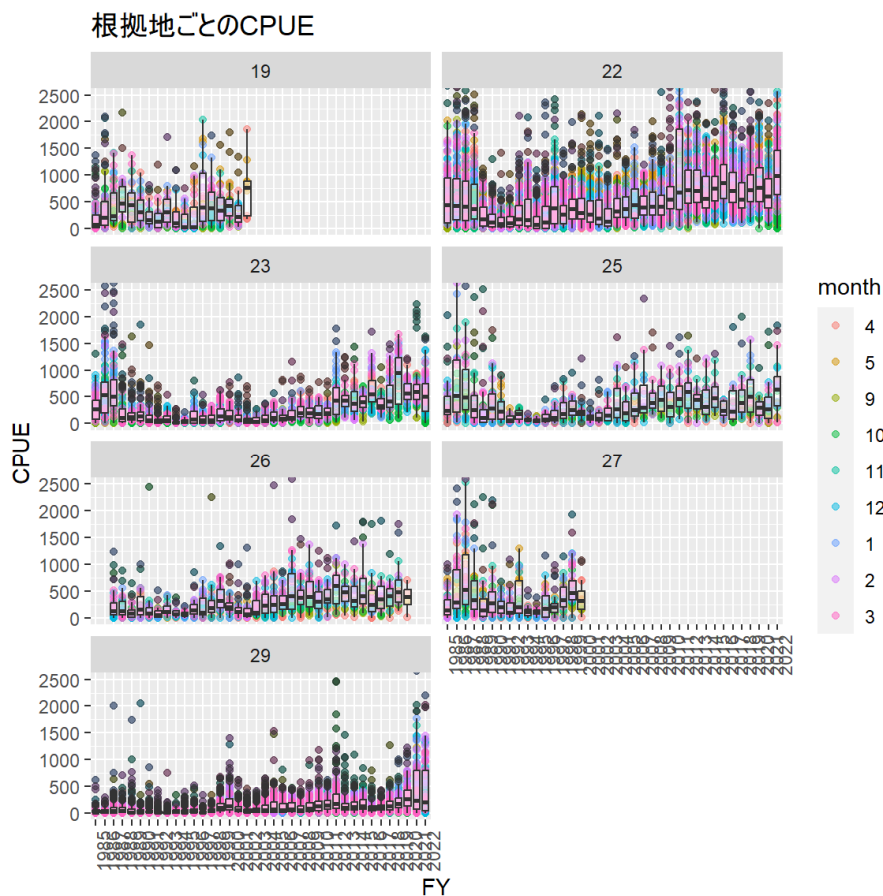


図 2. 根拠地ごとの CPUE の時系列推移のボックスプロット
根拠地は根室 (19)、釧路 (22)、十勝 (23)、様似 (25)、浦河 (26)、荻伏 (27)、室蘭 (29)。

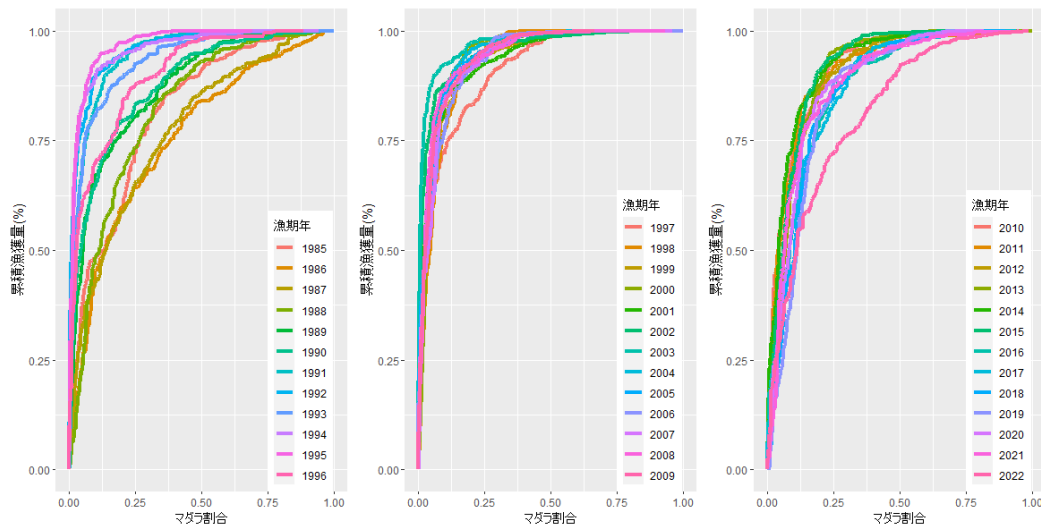


図 3. 北海道太平洋における沖底（かけまわし船 100 トン以上）について Biseau (1998) の手法による各年のマダラの漁獲傾向の判別
各操業の漁獲物に対象資源が占める割合（占有率）の順に年ごとに漁獲量を累積した。グラフ形状が左上に凸であるほど混獲魚種である傾向が強く、右下に凸であるほど多獲魚種である傾向が強いと考えられている。色の違いは漁期年を表し、1985～1996 年漁期（左）、1997～2009 年漁期（中央）、2010～2022 年漁期（右）である。

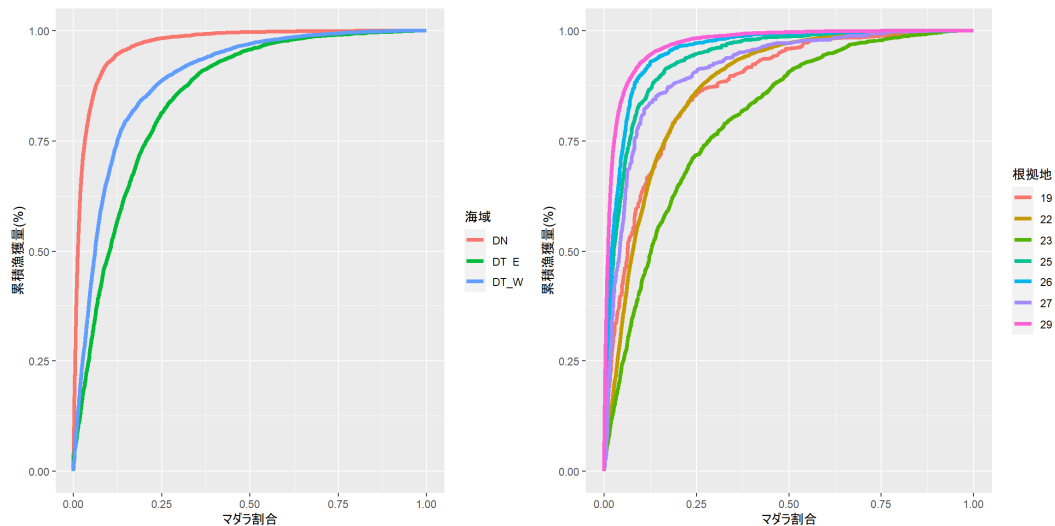


図 4. 北海道太平洋における沖底（かけまわし船 100 トン以上）について、海域別（左）、根拠地別（右）、Biseau (1998)の手法による各年のマダラの漁獲傾向の判別
海域は道南 (DN)、道東-西 (DT_W)、道東-東 (DT_E)。根拠地は根室 (19)、釧路 (22)、十勝 (23)、様似 (25)、浦河 (26)、荻伏 (27)、室蘭 (29)。

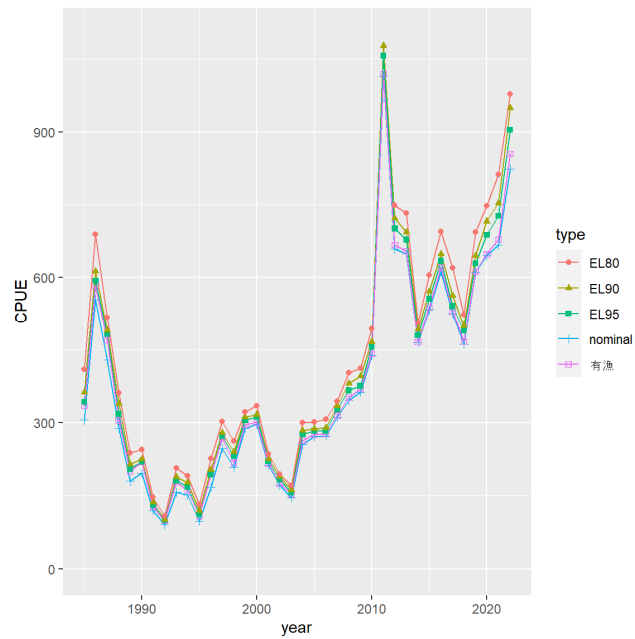


図 5. 北海道太平洋における沖底 (かけまわし船 100 トン以上) のマダラのノミナル CPUE、有漁 CPUE、および Biseau のフィルタリングを行った CPUE の時系列推移

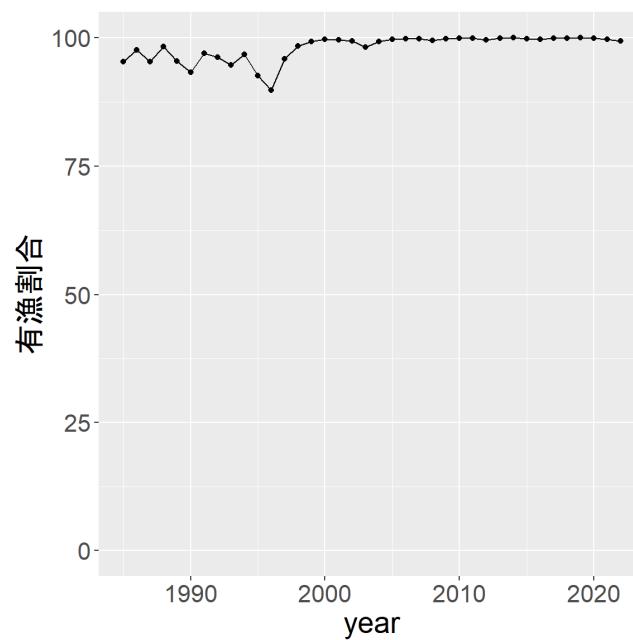


図 6. 北海道太平洋における沖底 (かけまわし船 100 トン以上) のマダラの有漁割合の推移
各レコードに対して有漁割合を計算しているため本資料の図と少し違う。

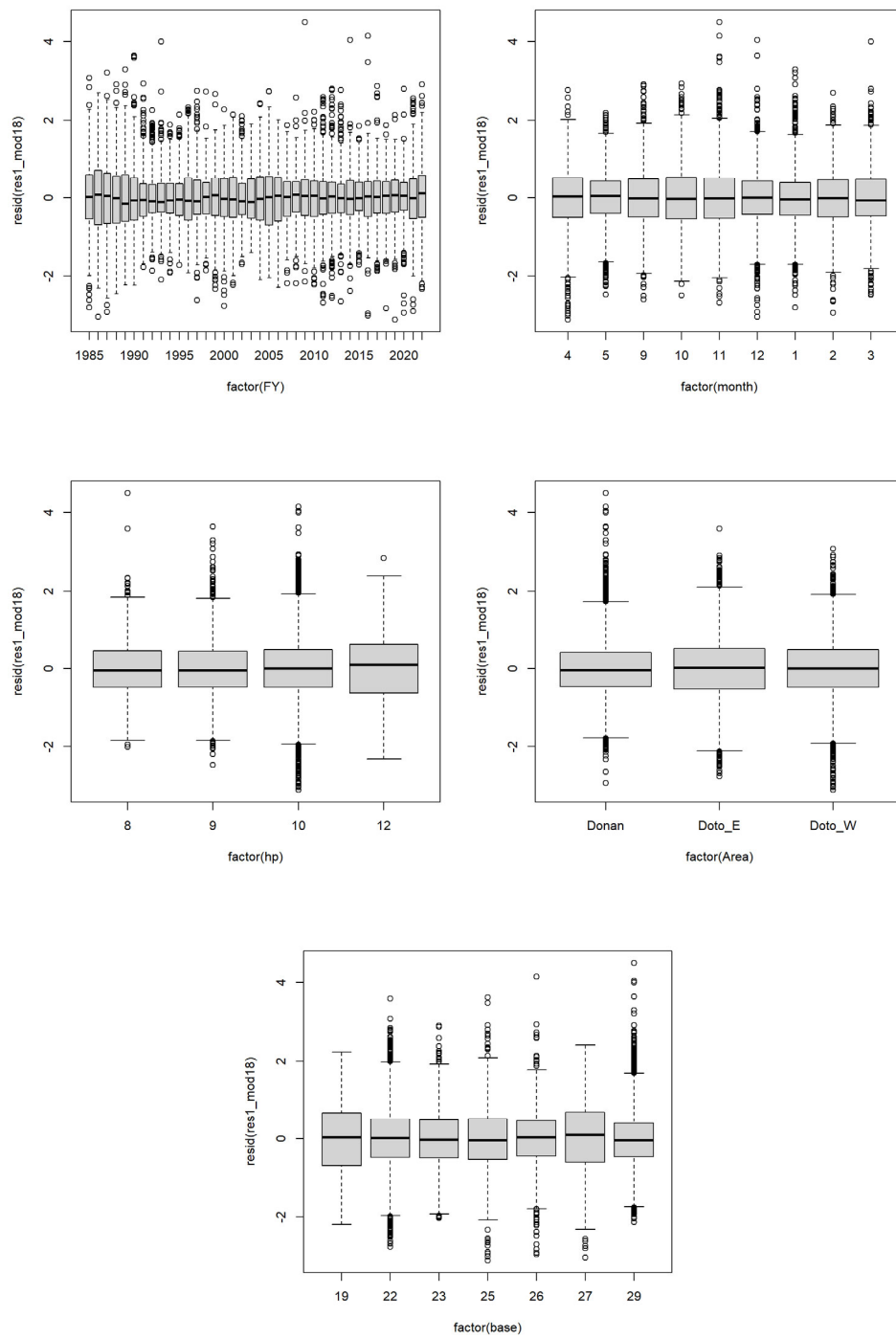


図 7. 最終モデルにおける各変数の残差の箱ひげ図

図はそれぞれ、漁期年（左上）、月（右上）、馬力階層（中段左）、海域（中段右）、根拠地（下段）

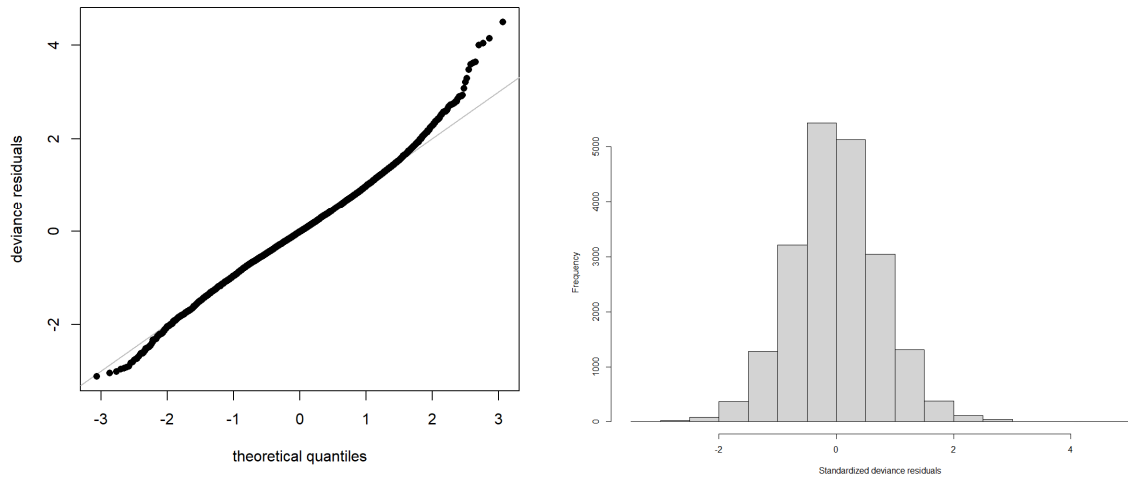


図 8. 最終モデルの QQ プロット (左)、残差ヒストグラム (右)

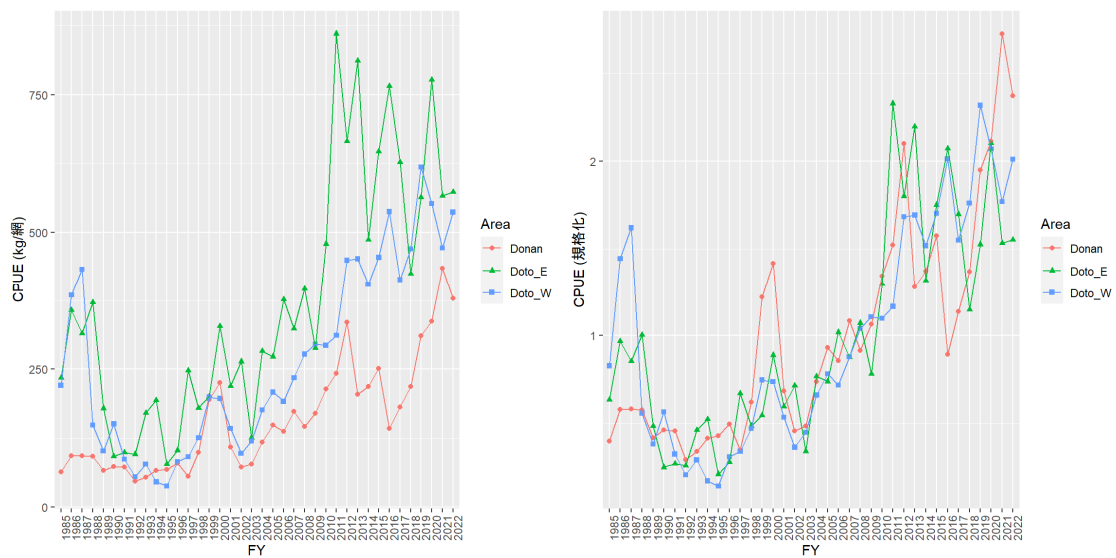


図 9. 最終モデルに基づく海域別の標準化 CPUE

色とプロットの形はそれぞれ道南（赤丸）、道東-西（青四角）、道東-東（緑三角）である。左は CPUE (kg/網)、右は平均 1 で規格化したスケールである。

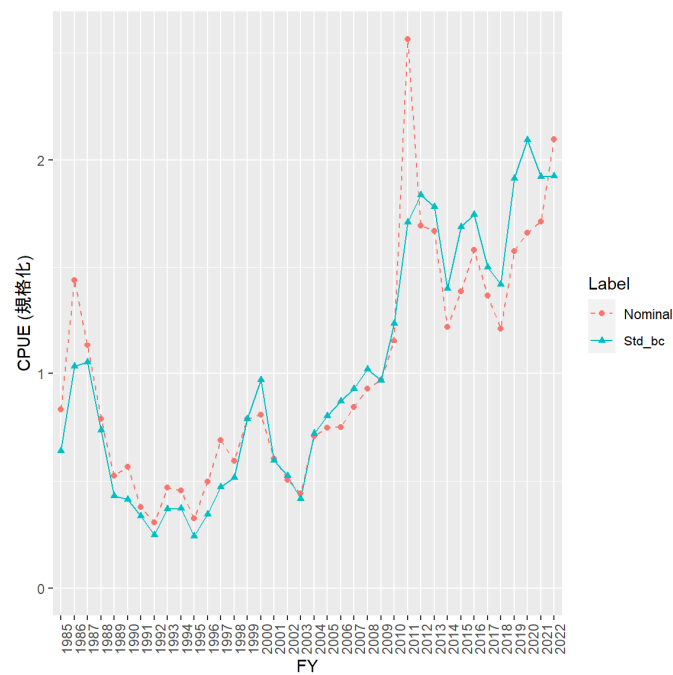


図 10. 標準化 CPUE（水色実線）とノミナル CPUE（赤色破線）の時系列推移
平均値を 1 として規格化した。

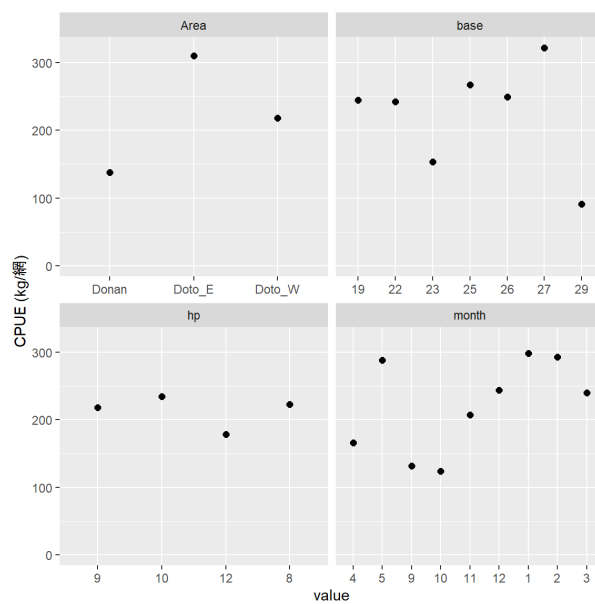


図 11. 最小二乗平均で算出した年以外の主効果の傾向

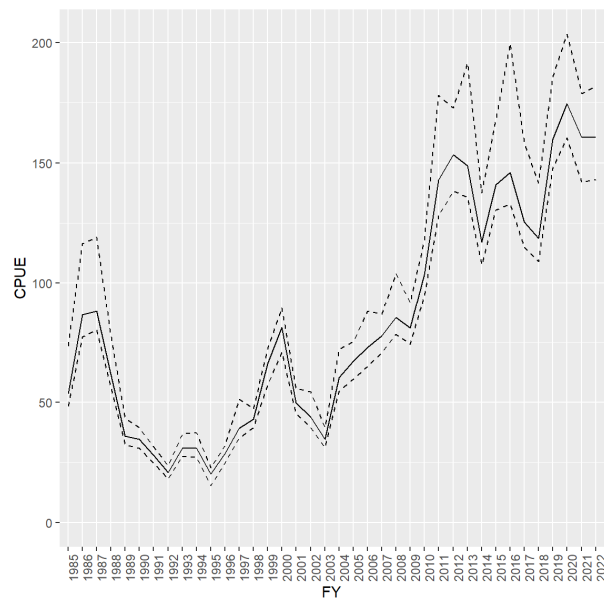


図 12. 標準化 CPUE（実践）と 95%信頼区間（破線）

ブートストラップ法による 500 回のデータリサンプリングと、最終モデルによるパラメータ推定を行い、漁期年ごとに 95%区間の計算を行った。



図 13. 最終モデルから一つずつ説明変数を取り除いた場合の標準化 CPUE

月と月×海域 (Std_s1)、月×海域 (Std_s2)、馬力階層 (Std_s3)、根拠地 (Std_s4) をそれぞれベースケース (Std_bc) から取り除いて推定した。

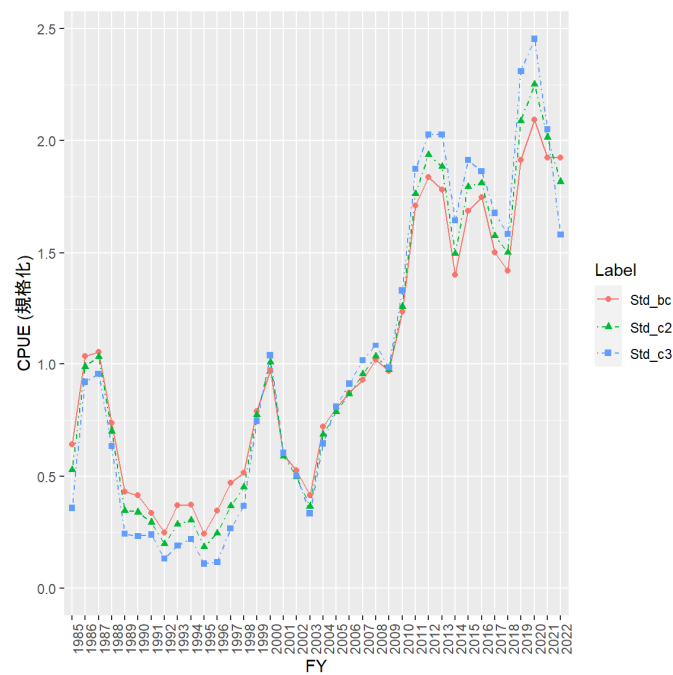


図 14. 足しこむ定数の値を変えた場合の感度分析

平均 CPUE の 0.1 倍を足しこんだ場合（ベースケース; Std_bc）、平均 CPUE の 0.01 倍を足しこんだ場合（Std_c1）、実数スケールで 0.01 を足しこんだ場合（Std_c2）のそれぞれ標準化 CPUE。

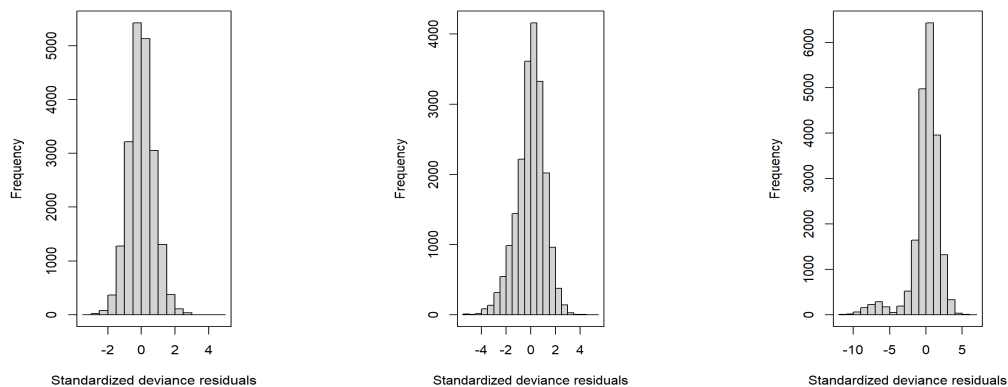


図 15. 足しこむ定数の値を変えた場合の残差ヒストグラムの違い

平均 CPUE の 0.1 倍を足しこんだ場合（ベースケース; 左図）、平均 CPUE の 0.01 倍を足しこんだ場合（中央図）、実数スケールで 0.01 を足しこんだ場合（右図）。

表 1. 標準化における各候補モデルの BIC と Δ BIC

No.	formula	BIC	deltaBIC
1	FY + month + hp + Area + base	49449.7	1649.8
2	FY + hp + Area + base	51092.0	3292.1
3	FY + month + Area + base	49435.2	1635.3
4	FY + Area + base	51102.9	3303.0
5	FY + month + hp + base	49892.5	2092.7
6	FY + hp + base	51531.1	3731.2
7	FY + month + base	49879.2	2079.4
8	FY + base	51538.6	3738.8
9	FY + month + hp + Area	51272.3	3472.4
10	FY + hp + Area	52743.5	4943.7
11	FY + month + Area	51830.9	4031.0
12	FY + Area	53274.1	5474.3
13	FY + month + hp	56044.1	8244.2
14	FY + hp	57395.9	9596.0
15	FY + month	57081.2	9281.3
16	FY	58513.7	10713.8
17	FY + month + hp + Area + base + FY * month + FY * Area + month * Area	48358.1	558.2
18	FY + month + hp + Area + base + FY * Area + month * Area	47799.9	0.0
19	FY + month + hp + Area + base + FY * month + month * Area	49246.0	1446.2
20	FY + month + hp + Area + base + month * Area	48450.0	650.1
21	FY + month + hp + Area + base + FY * month + FY * Area	49556.1	1756.2
22	FY + month + hp + Area + base + FY * Area	48865.6	1065.7
23	FY + month + hp + Area + base + FY * month	50348.2	2548.3

表 2. 選択された標準化モデルの ANOVA 表 (Type III)

	LR Chisq	Df	Pr (>Chisq)
FY	2602.95	37	< 2.2e-16
Month	685.08	8	< 2.2e-16
HP	24.73	3	1.759e-05
Area	503.48	2	< 2.2e-16
Base	1720.49	6	< 2.2e-16
FY : Area*	1422.17	74	< 2.2e-16
Month : Area*	1252.87	16	< 2.2e-16

*交互作用項は : で示した。

添付資料：選択されたモデルのサマリー

```
##
## Call:
## glm(formula = log(CPUE) ~ FY + month + hp + Area + base + FY *
##       Area + month * Area, family = gaussian, data = DD)
##
## Deviance Residuals:
##      Min        1Q    Median        3Q        Max
## -3.1126  -0.4868  -0.0148   0.4717   4.5020
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)    4.003370   0.079148  50.581  < 2e-16 ***
## FY1986          0.249791   0.081653   3.059 0.002222 **
## FY1987          0.254160   0.069568   3.653 0.000259 ***
## FY1988          0.247744   0.069101   3.585 0.000338 ***
## FY1989          0.031747   0.068771   0.462 0.644351
## FY1990          0.095596   0.071515   1.337 0.181327
## FY1991          0.087800   0.069448   1.264 0.206148
## FY1992         -0.180205   0.070153  -2.569 0.010214 *
## FY1993         -0.094311   0.069609  -1.355 0.175474
## FY1994          0.028211   0.074535   0.378 0.705069
## FY1995          0.048049   0.072262   0.665 0.506103
## FY1996          0.144419   0.072598   1.989 0.046680 *
## FY1997         -0.078728   0.072779  -1.082 0.279378
## FY1998          0.300430   0.075813   3.963 7.43e-05 ***
## FY1999          0.826629   0.071657  11.536 < 2e-16 ***
## FY2000          0.952313   0.075318  12.644 < 2e-16 ***
## FY2001          0.370838   0.072713   5.100 3.43e-07 ***
## FY2002          0.088030   0.072377   1.216 0.223896
## FY2003          0.129198   0.073131   1.767 0.077299 .
## FY2004          0.425736   0.072811   5.847 5.08e-09 ***
## FY2005          0.606699   0.074293   8.166 3.36e-16 ***
## FY2006          0.542061   0.075031   7.224 5.21e-13 ***
## FY2007          0.729514   0.078785   9.260 < 2e-16 ***
## FY2008          0.593654   0.081194   7.312 2.74e-13 ***
## FY2009          0.714308   0.079980   8.931 < 2e-16 ***
## FY2010          0.907220   0.079951  11.347 < 2e-16 ***
## FY2011          1.013758   0.077556  13.071 < 2e-16 ***
```

## FY2012	1.297537	0.073881	17.563	< 2e-16 ***
## FY2013	0.866787	0.076387	11.347	< 2e-16 ***
## FY2014	0.925397	0.075462	12.263	< 2e-16 ***
## FY2015	1.042314	0.082086	12.698	< 2e-16 ***
## FY2016	0.573632	0.075201	7.628	2.49e-14 ***
## FY2017	0.768645	0.078851	9.748	< 2e-16 ***
## FY2018	0.923458	0.079785	11.574	< 2e-16 ***
## FY2019	1.230435	0.079130	15.549	< 2e-16 ***
## FY2020	1.302462	0.082832	15.724	< 2e-16 ***
## FY2021	1.533359	0.086232	17.782	< 2e-16 ***
## FY2022	1.406057	0.087079	16.147	< 2e-16 ***
## month5	1.085400	0.538208	2.017	0.043741 *
## month9	0.644542	0.069745	9.241	< 2e-16 ***
## month10	0.732597	0.057175	12.813	< 2e-16 ***
## month11	0.930673	0.057035	16.318	< 2e-16 ***
## month12	0.690817	0.057133	12.091	< 2e-16 ***
## month1	0.947200	0.058167	16.284	< 2e-16 ***
## month2	1.222498	0.057263	21.349	< 2e-16 ***
## month3	0.759920	0.056820	13.374	< 2e-16 ***
## hp9	-0.019036	0.020895	-0.911	0.362292
## hp10	0.043922	0.021369	2.055	0.039851 *
## hp12	-0.186682	0.069507	-2.686	0.007242 **
## AreaDoto_E	1.994727	0.096352	20.702	< 2e-16 ***
## AreaDoto_W	1.655851	0.091845	18.029	< 2e-16 ***
## base22	-0.008040	0.033153	-0.243	0.808382
## base23	-0.386922	0.036779	-10.520	< 2e-16 ***
## base25	0.077703	0.042395	1.833	0.066842 .
## base26	0.016946	0.042532	0.398	0.690315
## base27	0.241505	0.046992	5.139	2.78e-07 ***
## base29	-0.776474	0.037344	-20.793	< 2e-16 ***
## FY1986:AreaDoto_E	0.120642	0.113937	1.059	0.289682
## FY1987:AreaDoto_E	0.004561	0.104387	0.044	0.965151
## FY1988:AreaDoto_E	0.157934	0.104512	1.511	0.130762
## FY1989:AreaDoto_E	-0.258867	0.106582	-2.429	0.015157 *
## FY1990:AreaDoto_E	-0.832443	0.108552	-7.669	1.82e-14 ***
## FY1991:AreaDoto_E	-0.771369	0.111993	-6.888	5.84e-12 ***
## FY1992:AreaDoto_E	-0.528399	0.111223	-4.751	2.04e-06 ***
## FY1993:AreaDoto_E	-0.173391	0.109088	-1.589	0.111972
## FY1994:AreaDoto_E	-0.191901	0.118070	-1.625	0.104111
## FY1995:AreaDoto_E	-0.901795	0.109733	-8.218	< 2e-16 ***

## FY1996:AreaDoto_E	-0.801341	0.107121	-7.481 7.70e-14 ***
## FY1997:AreaDoto_E	0.126036	0.107312	1.174 0.240217
## FY1998:AreaDoto_E	-0.526542	0.109835	-4.794 1.65e-06 ***
## FY1999:AreaDoto_E	-0.957247	0.106541	-8.985 < 2e-16 ***
## FY2000:AreaDoto_E	-0.658495	0.116285	-5.663 1.51e-08 ***
## FY2001:AreaDoto_E	-0.427307	0.109430	-3.905 9.46e-05 ***
## FY2002:AreaDoto_E	0.013582	0.115002	0.118 0.905985
## FY2003:AreaDoto_E	-0.636674	0.114520	-5.559 2.74e-08 ***
## FY2004:AreaDoto_E	-0.262401	0.113732	-2.307 0.021054 *
## FY2005:AreaDoto_E	-0.476219	0.114198	-4.170 3.06e-05 ***
## FY2006:AreaDoto_E	-0.124996	0.120601	-1.036 0.300005
## FY2007:AreaDoto_E	-0.449009	0.119320	-3.763 0.000168 ***
## FY2008:AreaDoto_E	-0.131047	0.125293	-1.046 0.295610
## FY2009:AreaDoto_E	-0.535188	0.122522	-4.368 1.26e-05 ***
## FY2010:AreaDoto_E	-0.269495	0.122793	-2.195 0.028196 *
## FY2011:AreaDoto_E	0.176545	0.114847	1.537 0.124255
## FY2012:AreaDoto_E	-0.353058	0.120437	-2.931 0.003377 **
## FY2013:AreaDoto_E	0.266971	0.116865	2.284 0.022356 *
## FY2014:AreaDoto_E	-0.272912	0.116175	-2.349 0.018827 *
## FY2015:AreaDoto_E	-0.123975	0.123327	-1.005 0.314787
## FY2016:AreaDoto_E	0.504665	0.117680	4.288 1.81e-05 ***
## FY2017:AreaDoto_E	0.121255	0.117554	1.031 0.302327
## FY2018:AreaDoto_E	-0.396974	0.118817	-3.341 0.000836 ***
## FY2019:AreaDoto_E	-0.441363	0.118658	-3.720 0.000200 ***
## FY2020:AreaDoto_E	-0.210833	0.123771	-1.703 0.088507 .
## FY2021:AreaDoto_E	-0.739793	0.125388	-5.900 3.69e-09 ***
## FY2022:AreaDoto_E	-0.601389	0.126725	-4.746 2.09e-06 ***
## FY1986:AreaDoto_W	0.240428	0.108303	2.220 0.026433 *
## FY1987:AreaDoto_W	0.342362	0.098148	3.488 0.000487 ***
## FY1988:AreaDoto_W	-0.572901	0.097645	-5.867 4.50e-09 ***
## FY1989:AreaDoto_W	-0.645997	0.099717	-6.478 9.49e-11 ***
## FY1990:AreaDoto_W	-0.410730	0.102076	-4.024 5.75e-05 ***
## FY1991:AreaDoto_W	-0.816371	0.101368	-8.054 8.49e-16 ***
## FY1992:AreaDoto_W	-0.839990	0.103315	-8.130 4.52e-16 ***
## FY1993:AreaDoto_W	-0.707585	0.103235	-6.854 7.38e-12 ***
## FY1994:AreaDoto_W	-1.152495	0.106933	-10.778 < 2e-16 ***
## FY1995:AreaDoto_W	-1.266813	0.103527	-12.237 < 2e-16 ***
## FY1996:AreaDoto_W	-0.907016	0.103578	-8.757 < 2e-16 ***
## FY1997:AreaDoto_W	-0.615530	0.103470	-5.949 2.74e-09 ***
## FY1998:AreaDoto_W	-0.757302	0.104950	-7.216 5.55e-13 ***

```

## FY1999:AreaDoto_W -0.912969 0.101049 -9.035 < 2e-16 ***
## FY2000:AreaDoto_W -1.049838 0.102476 -10.245 < 2e-16 ***
## FY2001:AreaDoto_W -0.730320 0.101408 -7.202 6.15e-13 ***
## FY2002:AreaDoto_W -0.736154 0.103713 -7.098 1.31e-12 ***
## FY2003:AreaDoto_W -0.623785 0.106951 -5.832 5.55e-09 ***
## FY2004:AreaDoto_W -0.615051 0.108436 -5.672 1.43e-08 ***
## FY2005:AreaDoto_W -0.656182 0.108101 -6.070 1.30e-09 ***
## FY2006:AreaDoto_W -0.662088 0.108321 -6.112 1.00e-09 ***
## FY2007:AreaDoto_W -0.678642 0.111372 -6.093 1.13e-09 ***
## FY2008:AreaDoto_W -0.396594 0.113455 -3.496 0.000474 ***
## FY2009:AreaDoto_W -0.461665 0.111627 -4.136 3.55e-05 ***
## FY2010:AreaDoto_W -0.661582 0.112700 -5.870 4.42e-09 ***
## FY2011:AreaDoto_W -0.715592 0.113522 -6.304 2.97e-10 ***
## FY2012:AreaDoto_W -0.666812 0.107129 -6.224 4.93e-10 ***
## FY2013:AreaDoto_W -0.231130 0.108701 -2.126 0.033491 *
## FY2014:AreaDoto_W -0.389681 0.108240 -3.600 0.000319 ***
## FY2015:AreaDoto_W -0.401177 0.111774 -3.589 0.000332 ***
## FY2016:AreaDoto_W 0.223546 0.107107 2.087 0.036889 *
## FY2017:AreaDoto_W -0.213658 0.110627 -1.931 0.053455 .
## FY2018:AreaDoto_W -0.251583 0.111218 -2.262 0.023704 *
## FY2019:AreaDoto_W -0.301897 0.112285 -2.689 0.007179 **
## FY2020:AreaDoto_W -0.480569 0.114999 -4.179 2.94e-05 ***
## FY2021:AreaDoto_W -0.857406 0.116508 -7.359 1.92e-13 ***
## FY2022:AreaDoto_W -0.610106 0.115135 -5.299 1.18e-07 ***
## month5:AreaDoto_E -0.926303 0.539587 -1.717 0.086051 .
## month9:AreaDoto_E -1.553729 0.081122 -19.153 < 2e-16 ***
## month10:AreaDoto_E -1.796218 0.070715 -25.401 < 2e-16 ***
## month11:AreaDoto_E -1.349740 0.071039 -19.000 < 2e-16 ***
## month12:AreaDoto_E -0.588132 0.073173 -8.038 9.66e-16 ***
## month1:AreaDoto_E -0.822705 0.072939 -11.279 < 2e-16 ***
## month2:AreaDoto_E -1.234041 0.072625 -16.992 < 2e-16 ***
## month3:AreaDoto_E -0.803898 0.071031 -11.318 < 2e-16 ***
## month5:AreaDoto_W -0.973793 0.539433 -1.805 0.071055 .
## month9:AreaDoto_W -0.938334 0.077053 -12.178 < 2e-16 ***
## month10:AreaDoto_W -1.096351 0.069436 -15.789 < 2e-16 ***
## month11:AreaDoto_W -0.892996 0.069403 -12.867 < 2e-16 ***
## month12:AreaDoto_W -0.521817 0.070537 -7.398 1.44e-13 ***
## month1:AreaDoto_W -0.524182 0.070451 -7.440 1.04e-13 ***
## month2:AreaDoto_W -0.988063 0.070106 -14.094 < 2e-16 ***
## month3:AreaDoto_W -0.551722 0.070075 -7.873 3.63e-15 ***

```

```
## ---  
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
##  
## (Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.5705959)  
##  
##      Null deviance: 26457  on 20413  degrees of freedom  
## Residual deviance: 11564  on 20267  degrees of freedom  
## AIC: 46627  
##  
## Number of Fisher Scoring iterations: 2
```