

付録：モデル概要 build2.3

石川 清貴 * †

Build 2.3, Feb 16 2025

概要

16 種類の作物、6 種類の加工食品、13 種類の飼料、7 種類の家畜、5 種類の畜産物、2 種類の水産物による農産および畜産モデルの同時シミュレーション。目的関数は、8 つの食品群のカロリー不足と食品摂取バランスからなる。作物に関する制約は、総面積と月別の耕地面積、および各作物の拡大マージンである。畜産に関する制約は、総飼料供給量と TDN と CP のバランスである。ベースラインシナリオ（食料と飼料の輸入途絶）の他に、オプションで輸入減少シナリオが利用可能である。シミュレーション結果については、農林水産省 Open Lab (2025) 『SWISSfoodSys モデルを適用した日本の食料供給シミュレーション』を参照のこと。

Model solution

GAMS によるモデルの実行手順:

1. セット (1 節)、パラメータ (2 節)、変数 (3 節) を定義
2. 入力データ (2 節, 5 節) とすべての制約式 (4 節 (6)-(22) 式) を設定
3. 線形計画ソルバー (**lp** or **nlp**) で目的関数 (4 節 (5) 式) を最小化
4. 輸入減少シナリオについて 1-3. のプロセスを繰り返し、必要であれば、不足カロリーへのウエイトや生産拡大マージンを調整

次のような追加の制約や備蓄放出シナリオを組み込むことができる。

- 不測時シナリオ：輸入ショックの開始月を選択。ショックの開始前に作付けされた品目は面積不变
- 食料備蓄放出シナリオ：米と小麦の政府備蓄および流通在庫を放出する。
- 飼料備蓄放出シナリオ：濃厚飼料の政府備蓄および流通在庫を放出する。

次節以降で紹介する GAMS のコードとデータは次のサイトで入手できる。

<https://github.com/ki3yo5/MAFF2023>

筆者の実行環境: GAMS Distribution 32.2.0

GAMS Release: 32.2.0 rc62c018 WEX-WEI x86 64bit/MS Windows

Release Date: Aug 26, 2020

* 駿河台大学

† Corresponding author: i.kiyotaka@gmail.com

1 Sets 集合

1.1 Item classification 品目分類

c, i 'Food crops, crops for processed foods'

fe 'Feeds'

ls 'Livestocks'

ap 'Animal products'

fg 'Food group' /grain, tuber, pulse, veget, fruit, starch, sugar, other, meat, egg_dairy/

fmap(fg, *) 'Food groups to goods mapping'

grain.(rice, wheat, pwheat, barley, pbarley, naked, mis_grains)

tuber.(sweetp, potato)

pulse.(soy, psoy, mis_beans)

veget.(green_veges, mis_veges)

fruit.(mandarin, apple, mis_fruits)

starch.(starch)

sugar.(sugar)

other.(oil, miso, soysource, mis.foods)

meat.(beef, pork, chicken)

egg_dairy.(egg, milk)

1.2 Land types and cropable items 耕地分類と作付可能品目

paddy(c) 'Paddy field'

/rice, pwheat, pbarley, psoy/

field(c) 'Upland field'

/wheat, barley, naked, mis_grains, sweetp, potato, soy, mis_beans, green_veges, mis_veges,
scane, sbeat, rapeseed/

orchard(c) 'Orchard'

/mandarin, apple, mis_fruits/

pasture(c) 'Pasture'

/corn, sorghum/

1.3 Model arguments モデル引数

nn 'Nutrients' /calorie, protein, fat, carbohydrate/

nf 'Feed nutrients' /tdn, cp/

t 'Cropping month' /jan, feb, mar, apr, may, jun, jul, aug, sep, oct, nov, dec/

u 'Expansion margin' /2, 3, 4, 5/

w 'Weight on calorie balance' /1, 0.75, 0.5, 0.25/

2 Parameters パラメータ

2.1 Crop production 農産

data 'Production data (農林水産省「令和4年度食料需給表」)'
lpaddy 'Paddy field endowment (1000ha) (農林水産省「作物統計調査」)'
lfield 'Upland field endowment (1000ha) (農林水産省「作物統計調査」)'
lorchard 'Orchard endowment (1000ha) (農林水産省「作物統計調査」)'
lpasture 'Pasture endowment (1000ha) (農林水産省「作物統計調査」)'
landreq(c, t) 'Monthly cropping calendar (requirement of arable land each month) 5節参照'
pcoef(c, i) 'Output coefficient of processed food per 1 unit crop input'

2.2 Livestock production 畜産

head(ls) 'Population of animals (head) (農林水産省「令和4年畜産統計」)'
fdm(fe) 'Feed DM (dry matter) coefficient'
fdemand(ls, nf) 'Feed nutrient demand (%) (NARO「日本飼養標準」)'
fsupply(ls, nf, fe) 'Feed nutrient supply (%) (NARO「日本標準飼料成分表(2009年版)」)'
fconst(fe, q) 'Feed supply constraints (MT) (配合飼料供給安定機構「令和4年度飼料月報」)'
fcoef(fe, c) 'Forage and Feed yield (MT/ha)'
acoef(ap, ls) 'Output coefficient of animal product (kg) per 1 unit livestock'

2.3 Nutrition and food intake 栄養および純食料摂取

intake 'Daily intake requirement (厚生労働省「日本の食事摂取基準(2020年版)」)'
nvalue 'Nutritive value of food (農林水産省「令和4年度食料需給表」)'
tpop 'National population (総務省統計局「人口推計」)'
nreq(nn) 'Average daily intake requirement per capita (kcal or grams/capita)'
nnvalue(, nn)* 'Nutritive value per 1 unit of net food (kcal or grams/netfood gram)'
nnpc()* 'Current daily intake (grams/capita)'

2.4 Converters 変換係数

t2g()* 'Total food to gross food'
t2p()* 'Total food to processing use'
t2f()* 'Total food to feed use'
g2n()* 'Gross food to net food'
x2n(c) 'Cropping area (1000ha) to net food (grams)'
x2nn(c, nn) 'Cropping area (1000ha) to nutritive value (kcal grams)'
x2f(c, i) 'Cropping area (1000ha) to processed food (grams)'
x2fn(c, i, nn) 'Cropping area (1000ha) to nutritive value (kcal grams)'

$x2a(ap, ls)$ 'Livestock head to net food (grams)'
 $x2an(ap, ls, nn)$ 'Livestock head to nutritional value (kcal grams)'
 $x2fe(fe, c)$ 'Cropping area (1000ha) to DM base feed (MT)'

2.5 Others その他

$k(fg)$ 'Number of items contained in set.fg group'
 $im(*)$ 'Imported food (net food) (grams) (財務省「貿易統計」)'
 $impn(*)$ 'Imported food (daily intake) (grams/capita)'
 $imnn(nn)$ 'Imported food (nutrients) (kcal grams/capita)'
 $rdc_rate(*)$ 'Import decline rate for goods'
 $rdc_rate_fe(*)$ 'Import decline rate for feeds'

3 Variables 変数

$xcrop(c)$ 'Cropping area (1000ha)'
 $xlive(ls)$ 'head of animal ls'
 $yfeed(ls, fe)$ 'distribution of feed j to animal ls (MT)'
 $tdnd(ls)$ 'TDN demand by livestock (MT)'
 $tdns(ls)$ 'TDN supply to livestock (MT)'
 $cpd(ls)$ 'CP demand by livestock (MT)'
 $cps(ls)$ 'CP supply to livestock (MT)'
 $dms(fe)$ 'DM supply (MT)'
 $cdeficit$ 'Calorie deficit (kcal)'
 $crate$ 'Calorie shortage rate'
 $delta(fg)$ 'Net food balance by food group (grams/capita)'
 $deltamn(fg)$ 'Net food shortage rate by food group'
 $target$ 'Objective function value'

4 Model Equations モデル式

4.1 Objective function 目的関数

Calorie deficit per capita per day (kcal):

$$\begin{aligned}
 cdeficit = & nreq("calorie") \\
 & - \left\{ \sum_c xcrop(c) \times x2nn(c, "calorie") \right. \\
 & + \sum_{i,c} xcrop(i) \times x2fn(c, i, "calorie") \\
 & \left. + \sum_{ap,ls} xlive(ls) \times x2an(ap, ls, "calorie") \right\} / (tpop \times 365)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Calorie shortage rate to requirement:

$$crate = \frac{cdeficit}{nreq("calorie")} \quad (2)$$

Net food balance per cpita per day by crop (grams):

$$\begin{aligned} delta(c) &= nnpc(c) - impc(c) \\ &- \left\{ xcrop(c) * x2n(c) + \sum_i xcrop(i) \times x2f(c, i) \right\} / (tpop \times 365) \\ delta(ap) &= nnpc(ap) - impc(ap) \\ &- \left\{ \sum_{ls} xlive(ls) \times x2a(ap, ls) \right\} / (tpop \times 365) \end{aligned} \quad (3)$$

Net food shortage rate by food group :

$$deltamn(fg) = \sum_{c|fmap(fg, c)} \frac{delta(c)}{nnpc(c)} + \sum_{ap|fmap(fg, ap)} \frac{delta(ap)}{nnpc(ap)} \quad (4)$$

Weighted average of Calorie deficit and net food shortage:

$$target = w \times crate + (1 - w) \times \sum_{fg} \frac{deltamn(fg)}{k(fg)} \quad (5)$$

4.2 Constraints 制約条件

4.2.1 Crop production 農産

Land balance on paddy (1000ha):

$$\sum_{c|paddy(c)} xcrop(c) \times landreq(c, t) \leq lpaddy \forall t \quad (6)$$

Land balance on field (1000ha):

$$\sum_{c|field(c)} xcrop(c) \times landreq(c, t) \leq lfield \forall t \quad (7)$$

Land balance on pasture (1000ha):

$$\sum_{c|pasture(c)} xcrop(c) \times landreq(c, t) \leq lpasture \forall t \quad (8)$$

Land balance on orchard (1000ha):

$$\sum_{c|orchard(c)} xcrop(c) \times landreq(c, t) \leq lorchar \forall t \quad (9)$$

Area expansion gargin by crop (1000ha):

$$xcrop(c) \leq u \times data(c, "area") \quad (10)$$

4.2.2 Livestock production 畜産

Feed supply (constant + import + crop byproducts) (dry matter MT):

$$\begin{aligned} dms(fe) = & fconst(fe, "const") \\ & + (1 - rdc.rate_fe(fe)) \times fconst(fe, "import") \\ & + \sum_c xcrop(c) \times x2fe(fe, c) \end{aligned} \quad (11)$$

Feed distribution balance (dry matter MT):

$$\sum_{ls} yfeed(ls, fe) \leq dms(fe) \quad (12)$$

TDN demand by livestock (MT):

$$tdnd(ls) = xlive(ls) \times \frac{fdemand(ls, "tdn")}{1000} \quad (13)$$

TDN supply to livestock (MT):

$$tdns(ls) = \sum_{fe} yfeed(ls, fe) \times \frac{fsupply(ls, "tdn", fe)}{100} \quad (14)$$

TDN balance (MT):

$$tdnd(ls) \leq tdns(ls) \quad (15)$$

CP demand by livestock (MT):

$$cpd(ls) = tdnd(ls) \times \frac{fdemand(ls, "cp")}{100} \quad (16)$$

CP supply by livestock (MT):

$$cps(ls) = \sum_{fe} yfeed(ls, fe) \times \frac{fsupply(ls, "cp", fe)}{100} \quad (17)$$

CP balance (MT):

$$cpd(ls) \leq cps(ls) \quad (18)$$

Livestock breeding margin (head):

$$xlive(ls) \leq u \times head(ls) \quad (19)$$

Reproduction rate of dairy ox per mother dairycow:

$$\frac{head("dairyox")}{head("dairycow")} \leq \frac{xlive("dairyox")}{xlive("dairycow")} \quad (20)$$

Reproduction rate of heifer per mother dairycow:

$$\frac{head("heifer")}{head("dairycow")} \leq \frac{xlive("heifer")}{xlive("dairycow")} \quad (21)$$

Reproduction rate of calf per mother dairycow:

$$\frac{head("calves")}{head("dairycow")} \leq \frac{xlive("calves")}{xlive("dairycow")} \quad (22)$$

5 Data list 入力データ一覧

- 農林水産省「令和4年度食料需給表」
 - 農林水産省「作物統計調査」
 - 農林水産省「令和4年畜産統計」
 - 農業・食品産業技術総合研究機構(NARO)「日本飼養標準」
 - 農業・食品産業技術総合研究機構(NARO)「日本標準飼料成分表(2009年版)」
 - 配合飼料供給安定機構「令和4年度飼料月報」
 - 財務省「貿易統計」
 - 厚生労働省「日本の食事摂取基準(2020年版)」
 - 総務省統計局「人口推計」
 - 品目別の作付時期 $landreq(c, t)$
- : 作付けの月を1、それ以外を0とするパラメータ

