データセット

```
##初期パラメータ初期##
sigma1=0.18   #CO2取引価格ボラティリティ
rf=0.014          #リスクフリーレート
my=0.014      #発電量期待変化率
a=1000          # CO2取引価格初期値[円/ton]
RPS=5          #RPS 相当量取引価格
Ikw=400000   #パネル価格[円/kw]
kp=100000    #導入工事費[円/kw]
pp=25             #市場電力価格[円/kwh]
sonota=0.1        #その他費用率
tochiritu=0.2   #土地費用率
kahosyuritu=0.07   #火力発電 OM 費用率
n=21             #評価期間[年]
nt=16             #オプション行使期間[年]
mOM=0.03      #火力発電 OM 費用期待変化率
mm=0.000754   #排出 CO2量(火力平均)[ton- co2/kwh]
comp=0.000038   #排出 CO2量(太陽光発電)[ton- co2/kwh]
man=1000000      #百万円
mi=0.02               #初期投資期待変化率絶対値
sigma2=0.32          #発電量ボラティリティ

##太陽光発電量の入力データ（1MW~20MW,0.5MW 毎）##
elep=c(868620,1302930,1737240,2171549,2605859,3040169,3474479,3908789,4343099,4777
409,5211719,5646029,6080338,6514648,6948958,7383268,7817578,8251888,8686198,91205
08,9554817,9989127,10423437,10857747,11292057,11726367,12160677,12594987,13029297
,13463606,13897916,14332226,14766536,15200846,15635156,16069466,16503776,1693808
6,17372395)
##発電量と出力の表現##
hatuden=matrix(nrow=39,ncol=2)
for(i in 1:39){
hatuden[i,1]=elep[i]
hatuden[i,2]=1000+500*(i-1)
}
```

4 項アプローチによる ROA 評価

##変数設定 function(火力発電経費[円/kw],燃料費ボラティ,燃料費初期値,燃料費期待収益率, #排出 CO_2量(火力),太陽光発電保守率,制約年数,初期投資割引率,発電量初期値,導入出力)##

```
kaitei=function(IFkw,sigma,Fpo,mf,com,hosyuritu,np,rr,syoki,you){
##推移（上昇・下降）係数##

#CO₂取引価格#
u=exp(sigma1)
d=1/u
#発電量#
uu=exp(sigma2)
dd=1/uu

##リスク中立確率の導出##
riskP1=(1+rf-d)/(u-d)
riskP2=1-riskP1
riskP3=(1+rf-dd)/(uu-dd)
riskP4=1-riskP3

##太陽光発電導入費用初期値，火力発電 OM 費初期値##
kouzi=kp*you
Ipo=Ikw*you*(1+sonota+tochiritu)
OMo=IFkw*you*kahosyuritu

#削減率#
rate=1-rr
##評価の導出##
Vx=Vy=Lx=LLx=Ip=Fp=PLx=PLLx=OP=OPA=OM=OMS=Sp=SpO=MLx=Mx=OPO=OPAO
=pm=pmn=pmt=PO=DOU=matrix(nrow=n^2,ncol=n)
##4 項アプローチ上の推移係数列挙##
for(i in seq(to=n,from=1)){
for(m in seq(from=0,to=(i-1))){
for(k in seq(from=1,to=i)){
j=i*m+k
```

```
Vx[j,i]=a*u^(i-m-1)*d^(m)
}
}
}
for(i in seq(to=n,from=1)){
for(m in seq(from=0,to=(i-1))){
for(k in seq(from=1,to=i)){
j=i*m+k
Vy[j,i]=syoki*uu^(i-k)*dd^(k-1)
}
}
}

##時間変化によるパラメータの推移##
for(i in seq(to=n,from=1)){
for(j in seq(from=1,to=n^2)){
Ip[j,i]=Ipo*rate*exp(-mi*(i-1))+kouzi            #太陽光発電投資額
Fp[j,i]=Fpo*exp((mf+0.5*(sigma)^2)*(i-1))     #燃料価格[円/kwh]
PO[j,i]=hosyuritu*Ip[j,i]                        #太陽光発電保守費用
OM[j,i]=OMo*exp(mOM*(i-1))                      #火力発電 OM 費
OMS[j,i]=sum(OM[j,1:i])                          #累積火力発電 OM 費
}
}
##太陽光発電導入便益##
for(i in seq(to=n,from=1)){
for(j in seq(from=1,to=n^2)){
Lx[j,i]=Fp[j,i]*Vy[j,i]+(com-comp)*Vx[j,i]*Vy[j,i]+pp*Vy[j,i]-PO[j,i]+RPS*Vy[j,i] #本研究
LLx[j,i]=(mm-comp)*Vx[j,i]*Vy[j,i]+pp*Vy[j,i]-PO[j,i]+RPS*Vy[j,i] #従来評価
}
}
Lx=round(Lx,1)
Lx
LLx=round(LLx,1)
LLx
```

```
##太陽光発電導入便益価値##
PLx=Lx
PLLx=LLx
for(i in seq(to=0,from=n-1)){
for(m in seq(from=0,to=(i-1))){
for(k in seq(from=1,to=i)){
j=i*m+k

#本研究
PLx[j,i]=((PLx[m+j,i+1]*riskP1*riskP3+PLx[m+j+1,i+1]*riskP1*riskP4+PLx[m+j+i+1,i+1]*r
iskP2*riskP3+PLx[m+j+i+2,i+1]*riskP2*riskP4)/(1+rf))+Lx[j,i]
#従来評価
PLLx[j,i]=((PLLx[m+j,i+1]*riskP1*riskP3+PLLx[m+j+1,i+1]*riskP1*riskP4+PLLx[m+j+i+1,
i+1]*riskP2*riskP3+PLLx[m+j+i+2,i+1]*riskP2*riskP4)/(1+rf))+LLx[j,i]
}
}
}
PLx=round(PLx,1)
PLx
PLLx=round(PLLx,1)
PLLx

##太陽光発電導入評価##
for(i in seq(to=n,from=2)){
for(j in seq(from=1,to=n^2)){
DOU[1,1]=PLx[1,1]+OMS[1,nt]-Ip[1,1]
DOU[j,i]=PLx[j,i]-Ip[j,i]+OMS[j,nt]-OMS[j,i-1]
}
}
DOU=round(DOU,1)
DOU

##火力発電継続便益##
for(i in seq(to=n,from=1)){
for(j in seq(from=1,to=n^2)){
Mx[j,i]=pp*Vy[j,i]-OM[j,i]-Fp[j,i]*Vy[j,i]
```

```
}
}
Mx=round(Mx,1)
Mx

##火力発電継続便益価値##
MLx=Mx
for(i in seq(to=0,from=n-1)){
for(m in seq(from=0,to=(i-1))){
for(k in seq(from=1,to=i)){
j=i*m+k
MLx[j,i]=((MLx[m+j,i+1]*riskP1*riskP3+MLx[m+j+1,i+1]*riskP1*riskP4+MLx[m+j+i+1,i+1
]*riskP2*riskP3+MLx[m+j+i+2,i+1]*riskP2*riskP4)/(1+rf))+Mx[j,i]
}
}
}
MLx=round(MLx,1)
MLx

##ROAによる価値の評価##

#オプション満期#
for(i in seq(to=nt,from=1)){
for(j in seq(from=1,to=i^2)){
OP[j,i]=max(PLx[j,i]-Ip[j,i],MLx[j,i])   #本研究
OPA[j,i]=max(PLLx[j,i]-Ip[j,i],0)          #従来評価
OPO[j,i]=MLx[j,i]
OPAO[j,i]=0
}
}

#期間中#
for(i in seq(to=0,from=nt-1)){
for(m in seq(from=0,to=(i-1))){
for(k in seq(from=1,to=i)){
j=i*m+k
```

```
OP[j,i]=max(((OP[m+j,i+1]*riskP1*riskP3+OP[m+j+1,i+1]*riskP1*riskP4+OP[m+j+i+1,i+1]
*riskP2*riskP3+OP[m+j+i+2,i+1]*riskP2*riskP4)/(1+rf))+Mx[j,i],PLx[j,i]-Ip[j,i]+OMS[j,nt]-
OMS[j,i-1])

OPA[j,i]=max(((OPA[m+j,i+1]*riskP1*riskP3+OPA[m+j+1,i+1]*riskP1*riskP4+OPA[m+j+i+
1,i+1]*riskP2*riskP3+OPA[m+j+i+2,i+1]*riskP2*riskP4)/(1+rf)),PLLx[j,i]-Ip[j,i])

OPO[j,i]=((OP[m+j,i+1]*riskP1*riskP3+OP[m+j+1,i+1]*riskP1*riskP4+OP[m+j+i+1,i+1]*ris
kP2*riskP3+OP[m+j+i+2,i+1]*riskP2*riskP4)/(1+rf))+Mx[j,i]

OPAO[j,i]=(OPA[m+j,i+1]*riskP1*riskP3+OPA[m+j+1,i+1]*riskP1*riskP4+OPA[m+j+i+1,i+
1]*riskP2*riskP3+OPA[m+j+i+2,i+1]*riskP2*riskP4)/(1+rf)
}
}
}

##制約導入による ROA 価値の評価##

#オプション満期#
for(i in seq(to=np,from=1)){
for(j in seq(from=1,to=i^2)){

Sp[j,i]=PLx[j,i]-Ip[j,i]+OMS[j,nt]-OMS[j,i]
SpO[j,i]=MLx[j,i]
}
}

#期間中#
for(i in seq(to=0,from=np-1)){
for(m in seq(from=0,to=(i-1))){
for(k in seq(from=1,to=i)){
j=i*m+k
Sp[j,i]=max(((Sp[m+j,i+1]*riskP1*riskP3+Sp[m+j+1,i+1]*riskP1*riskP4+Sp[m+j+i+1,i+1]*ri
skP2*riskP3+Sp[m+j+i+2,i+1]*riskP2*riskP4)/(1+rf))+Mx[j,i],PLx[j,i]-Ip[j,i]+OMS[j,nt]-OM
S[j,i-1])
```

```
SpO[j,i]=((Sp[m+j,i+1]*riskP1*riskP3+Sp[m+j+1,i+1]*riskP1*riskP4+Sp[m+j+i+1,i+1]*risk
P2*riskP3+Sp[m+j+i+2,i+1]*riskP2*riskP4)/(1+rf))+Mx[j,i]
}
}
}
Vx=round(Vx,1)
Vx
Vy=round(Vy,1)
Vy
Ip=round(Ip,1)
Ip
Fp=round(Fp,1)
Fp
OM=round(OM,1)
OM
OMS=round(OMS,1)
OMS
OP=round(OP,1)
OP
OPA=round(OPA,1)
OPA
Sp=round(Sp,1)
Sp
SpO=round(SpO,1)
SpO
OPO=round(OPO,1)
OPO
OPAO=round(OPAO,1)
OPAO
PO=round(PO,1)
PO

##オプション行使の判定##
for(i in seq(to=nt,from=1)){
for(j in seq(from=1,to=i^2)){
```

```
#操業変更有無の判定#
if(OP[j,i]==OPO[j,i]){
pm[j,i]=0
}else{
pm[j,i]=1
}

#建設有無の判定#
if(OPA[j,i]==OPAO[j,i]){
pmn[j,i]=0
}else{
pmn[j,i]=1
}
}
}
for(i in seq(to=np,from=1)){
for(j in seq(from=1,to=i^2)){

#制約下での操業変更有無の判定#
if(Sp[j,i]==SpO[j,i]){
pmt[j,i]=0
}else{
pmt[j,i]=1
}
}
}
pm=round(pm,1)
pm
pmn=round(pmn,1)
pmn
pmt=round(pmt,1)
pmt

##行使確率の推定・列挙##
kkk=kt=kn=matrix(nrow=1,ncol=n)
```

```
for(j in seq(from=1,to=n^2)){
for(i in seq(to=n,from=1)){
kkk[1,i]=sum(pm[1:i^2,i])/(i^2)
kt[1,i]=sum(pmt[1:i^2,i])/(i^2)
kn[1,i]=sum(pmn[1:i^2,i])/(i^2)
}
}
kkk=round(kkk,3)
kkk
kt=round(kt,3)
kt
kn=round(kn,3)
kn

##出力項目設定 list(従来法価値（建設延期考慮なし）,従来法価値（オプション考慮）,太陽光発電導入価値,火力発電継続価値，操業変更を考慮した価値,導入制約を考慮した価値,操業変更行使確率,導入制約下での行使確率,従来法行使確率)##

rslet=list(NPVT=(PLLx[1,1]-Ip[1,1])/man,OptionT=OPA[1,1]/man,NPVP=DOU[1,1]/man,NPVN=MLx[1,1]/man,OptionP=OP[1,1]/man,OptionS=Sp[1,1]/man,KousiP=kkk,KousiS=kt,KousiN=kn)
rslet
}
```

感度分析による評価

##容量・制約年数による導入制約価値の変化##

```
val.seiyaku=function(IFkw,sigma,Fpo,mf,com,rr){
sa=sb=sc=sd=matrix(nrow=16,ncol=39)
for(j in 1:16){
for(i in 1:39){
#保守費のケース固定#
D1=kaitei(IFkw,sigma,Fpo,mf,com,0.05,j,rr,hatuden[i,1],hatuden[i,2])
D2=kaitei(IFkw,sigma,Fpo,mf,com,0.1,j,rr,hatuden[i,1],hatuden[i,2])
```

```
D3=kaitei(IFkw,sigma,Fpo,mf,com,0.2,j,rr,hatuden[i,1],hatuden[i,2])
D4=kaitei(IFkw,sigma,Fpo,mf,com,0.3,j,rr,hatuden[i,1],hatuden[i,2])

s1=D1$OptionS
s2=D2$OptionS
s3=D3$OptionS
s4=D4$OptionS

sa[j,i]=s1
sb[j,i]=s2
sc[j,i]=s3
sd[j,i]=s4
}
}
seiya=list(OM1=sa,OM2=sb,OM3=sc,OM4=sd)
seiya
}

##導入容量・初期投資削減率による価値の変化##
val.option=function(IFkw,sigma,Fpo,mf,com,hosyuritu){
na=nb=nc=nd=ne=matrix(nrow=9,ncol=39)
for(j in 1:9){
for(i in 1:39){
DE=kaitei(IFkw,sigma,Fpo,mf,com,hosyuritu,6,0.05*(j-1),hatuden[i,1],hatuden[i,2])
npvt=DE$NPVT
optiont=DE$OptionT
npvp=DE$NPVP
npvn=DE$NPVN
optionp=DE$OptionP

na[j,i]=npvt
nb[j,i]=optiont
nc[j,i]=npvp
nd[j,i]=npvn
ne[j,i]=optionp
```

```
}
}
kekka=list(V1=na,V2=nb,V3=nc,V4=nd,V5=ne)
kekka
}
```

出力用コマンド（例）

```
#石炭火力補填の操業変更#
kaitei(300000,0.043,3.4,0.039,0.000943,0.1,3,0.1,hatuden[9,1],hatuden[9,2])
val.seiyaku(300000,0.043,3.4,0.039,0.000943,0)
val.option(300000,0.043,3.4,0.039,0.000943,0.05)

#石油火力補填の操業変更#
kaitei(190000,0.12,12.6,0.045,0.000738,0.1,3,0.1,hatuden[9,1],hatuden[9,2])
val.seiyaku(190000,0.12,12.6,0.045,0.000738,0)
val.option(190000,0.12,12.6,0.045,0.000738,0.05)

#天然ガス火力補填の操業変更#
kaitei(200000,0.107,7,0.018,0.000536,0.05,3,0,hatuden[9,1],hatuden[9,2])
val.seiyaku(200000,0.107,7,0.018,0.000536,0)
val.option(200000,0.107,7,0.018,0.000536,0.05)
```