R/C interfaces: .C 和.Call

吳漢銘
國立政治大學 統計學系

http://www.hmwu.idv.tw

本章大綱&學習目標

- 從R呼叫系統指令
  - GUI 應用程式
  - 主控台應用程式命令
  - DOS內建指令
- 從R利用.C或 .Call 呼叫C副程式
  - 如何傳送參數從R到C
  - 如何從C得到回傳值
  - 如何編譯C程式碼
  - 如何從R呼叫C程式碼並執行
- R/.C/.Call的執行時間比較

從R呼叫系統指令: GUI 應用程式

語法:

```
system(command, intern = FALSE, ignore.stderr = FALSE,
       wait = TRUE, input = NULL, show.output.on.console = TRUE,
       minimized = FALSE, invisible = TRUE)
```

- 指令執行結束且輸出完成，結果才可被看到。
- GUI 應用程式要設定 invisible = FALSE才會出現畫面.

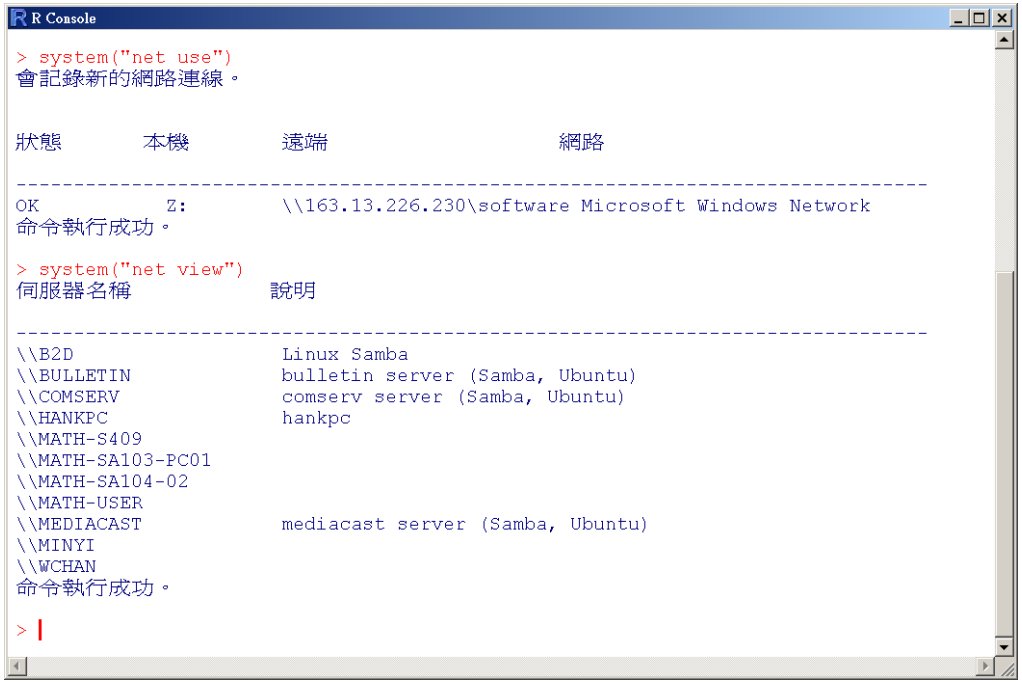
範例:

```
system("notepad myfile1.txt", wait = TRUE, invisible = FALSE)
system("notepad myfile2.txt", wait = FALSE, invisible = FALSE)
system(paste('"C:/Program Files/Internet Explorer/IEXPLORE.EXE"',
    '-url cran.r-project.org'), wait = FALSE, invisible = FALSE)
```

從R呼叫系統指令: 主控台命令(console commands)

範例:

```
system("net use")
system("net view")
```



範例: 從Rgui去編譯.C/.Call要呼叫的C程式碼

```
system("R CMD SHLIB MatrixProduct2.c")
```

NOTE: 即使設定 **intern = TRUE** 且/或 **show.output.on.console = TRUE**，需要使用者輸入的主控台命令程式不會運作。

從R呼叫系統指令: DOS內建指令

範例:

```
#NOT RUN
system("dir", wait = TRUE, invisible = FALSE)

system(paste(Sys.getenv("COMSPEC"),"/K", "dir > list.txt"))
system("notepad list.txt", wait = FALSE, invisible = FALSE)
```

CMD

/C	執行字串中所描述的命令然後結束命令視窗
/K	執行 字串中所描述的命令然後保留命令視窗

其它常用指令:

```
dir()
dir(pattern = "c$")
dir(pattern = "[.]c$")
```

為什麼要從R呼叫其它程語言(例如 C語言)?

- 優點
  - 有些程式以C編寫，執行速度會較R快。
  - 已經有C的程式碼可利用。
- 缺點
  - 編寫C程式所花的時間通常比編寫R的時間長，而且較不易除錯。
  - C程式碼較R程式碼通常不太容易了解。

R Console

```
> eigen
function (x, symmetric, only.values = FALSE, EISPACK = FALSE)
{
    x <- as.matrix(x)
    if (!is.null(dimnames(x)))
        dimnames(x) <- list(NULL, NULL)
    n <- nrow(x)
    if (!n)
        stop("0 x 0 matrix")
    if (n != ncol(x))
        stop("non-square matrix in 'eigen'")
    complex.x <- is.complex(x)
    if (!complex.x && !is.double(x))
        storage.mode(x) <- "double"
    if (!all(is.finite(x)))
        stop("infinite or missing values in 'x'")
    if (missing(symmetric))
        symmetric <- isSymmetric.matrix(x)
    if (!EISPACK) {
        if (symmetric) {
            z <- if (!complex.x)
                .Call("La_rs", x, only.values, PACKAGE = "base")
            else .Call("La_rs_cmplx", x, only.values, PACKAGE = "base")
```

從R呼叫C的指令有三種

- .C
  - 針對不太了解R程式碼的使用者所設計。
  - 使用上很直觀。
  - 參數(argument)型別有限制。
  - 參數輸入的檢查是在R裡完成。
  - 沒有回傳值，但可以改變參數內容當成回傳值。
- .Call
  - 針對已了解R程式碼的使用者所設計。
  - 准許有多種的參數型別。
  - 可以有回傳值。
- .External
  - 針對已了解R程式碼的使用者所設計。
  - 以單一參數傳送，由所呼叫的程式語言解譯。
  - 可以有回傳值。

NOTE:

寫程式容易程度
.C > .Call > .External

執行效率
.C < .Call < .External

.C語法

```
.C(name, ..., NAOK = FALSE, DUP = TRUE, PACKAGE, ENCODING)
```

- **name**
  - C副程式名稱或屬於"NativeSymbolInfo", "RegisteredNativeSymbol" or "NativeSymbol"類別的物件名稱
- ...
  - 傳送給C副程式的參數。
- **NAOK**
  - TRUE: 任何參數中含有NA or NaN or Inf 值，皆會傳送到C副程式。
  - FALSE: 參數中含有NA or NaN or Inf 值，視做錯誤，R停止執行。
- **DUP**
  - TRUE: 參數會在傳送之前重覆複製一份。
- **PACKAGE**
  - 使用PACKAGE中的**name**程式。
  - 可避免其它相同**name**的副程式所覆寫。 例如: 使用 **PACKAGE="base"** for symbols linked in to R.
- **ENCODING**
  - 指定字元資料的編碼.

.C/.Call 三步驟

1. 寫好C程式: **myCcode.c**。

2. 以R CMD 編譯C程式: **R CMD SHLIB myCcode.c**

3. 在R中呼叫C程式並執行:
   - **dyn.load("myCcode.dll")**
   - **.C("mySquare",...)** 或
   - **.Call("mySquare",...)**

利用R CMD SHLIB進行編譯、連結，並在R中執行

- 執行.C和.Call的程序相同。
- 在Windows下的工具需安裝RTools。

- C程式碼以R CMD SHLIB編譯完成的程式以「動態連結程式庫」(Dynamic-link library, DLL) 檔案存在。

- 單一C程式檔: `R CMD SHLIB myCcode.c`
- 多個C程式檔:
  - `R CMD SHLIB myCcode.c myobj1.o myobj2.o` 或
  - `R CMD SHLIB –o myprogram *.c *.o`
- 在R中，以**`dyn.load()`**呼叫dll
  - `dyn.load("myCcode.dll")` 或
  - `dyn.load("myprogram.dll")`
- 在R中, 執行程式`.C("myfunction",...)`
- 在R中，以**`dyn.unload()`**卸載dll。

範例 1: (1) 寫好C程式

- 利用.C計算一數列(長度大於1)每個元素的平方。
(如果此數列長度小於或等於1，請印出錯誤。)

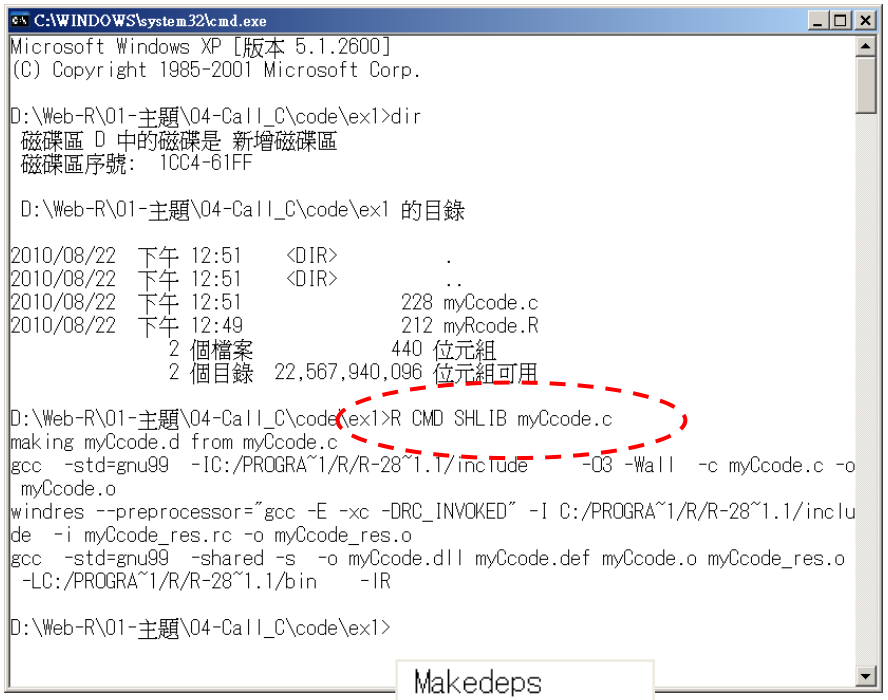
myCcode.c

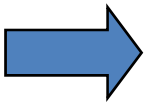
```
#include <R.h>

void mySquare(double *y, double *x, int *size){
    int i;
    int n = *size;
    if(n <= 1){
        Rprintf("Error n = %d <= 1\n", n);
    }
    for(i=0; i < n; i++){
      y[i] = x[i]*x[i];
    }
}
```

範例 1: (2) 以R編譯C程式

R CMD SHLIB myCcode.c

(1) 命令提示字元





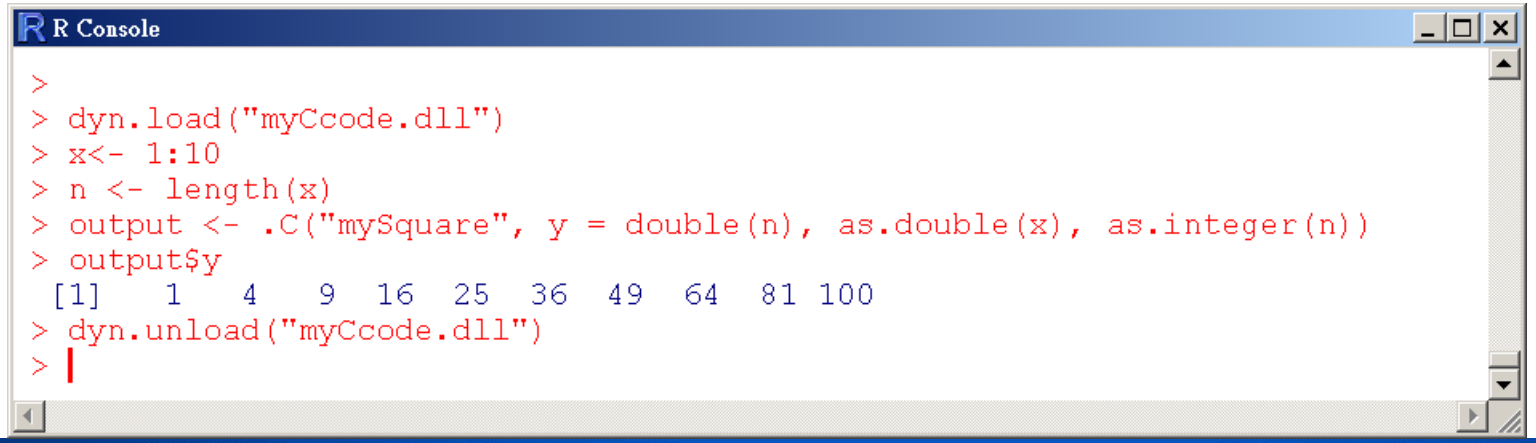
或者(2) in R

```
> getwd()
[1] "D:/Web-R/01-主題/04-Call_C/code/ex1"
> dir()
[1] "myCcode.c" "myRcode.R"
> system("R CMD SHLIB myCcode.c")
gcc -I"C:/PROGRA~1/R/R-211~1.1/include"
-O3 -Wall  -std=gnu99 -c myCcode.c -o
myCcode.o
gcc -shared -s -static-libgcc -o myCcode.dll
tmp.def myCcode.o -LC:/PROGRA~1/R/R-
211~1.1/bin -lR
> dir()
[1] "myCcode.c"   "myCcode.dll" "myCcode.o"
"myRcode.R"
>
```

範例 1: (3) 在R中，呼叫C程式執行

```
dyn.load("myCcode.dll")
.C("funName",...)
```

```
dyn.load("myCcode.dll")
x <- 1:10
n <- length(x)
output <- .C("mySquare", y = double(n), as.double(x), as.integer(n))
output$y
dyn.unload("myCcode.dll")
```

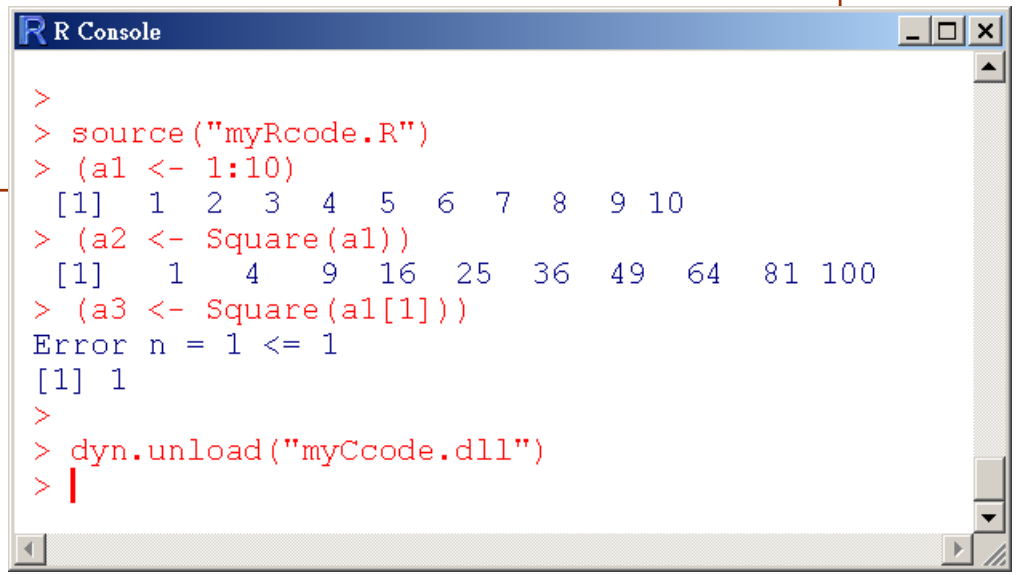


範例 1: 或者(4) 編寫R程式呼叫C程式並執行

myRcode.R

```
dyn.load("myCcode.dll")
Square <- function(x){
    n <- length(x)
    result <- .C("mySquare", y = double(n), as.double(x),
as.integer(n))
    result[["y"]]
    #or
    #result$y
}
```

```
source("myRcode.R")
(a1 <- 1:10)
(a2 <- Square(a1))
(a3 <- Square(a1[1]))
dyn.unload("myCcode.dll")
```



寫C程式之注意事項

- 標頭檔必需有 **#include<R.h>**。
- 沒有main function。
- C副程式的回傳型別需為**void** (亦即沒有回傳值)。
- 所有參數型別是以call by reference的方式傳送。
  - 故在C裡必需pass 一個指標(pointer) 給一個數字或向量。
- 在C程式裡中使用**Rprintf**將結果輸出在R console。
- C副程式計算結果可藉由參數回傳。
- 如果參數型別為矩陣，則需轉成向量，而且維度需明確給定。

寫R程式之注意事項

- R函式的參數需以C副程式裡的順序傳送。
- 需作型別轉換，例如: **as.double, as.integer**。
- 需分配一塊空間給回傳結果。
- 矩陣參數型別是以向量的方式傳送。
- **result <- .C(...)**:
  - **result**為一個表列物件(a list of objects)。
  - 以**result[[number]]**或**result[["name"]]**或**result$name**存取

```
> .C("mySquare", y = double(n), as.double(x), as.integer(n))
$y
 [1]   1   4   9  16  25  36  49  64  81 100

[[2]]
 [1]  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10

[[3]]
[1] 10
```

R 和.C/.Call的參數型別對應

- In C:

```
void mySquare(double *y, double *x, int *size){
```

- In R:

```
.C("mySquare", y = double(n), as.double(x), as.integer(n))
```

R	.C/.Call
integer	int *
numeric	double * 或 float *
complex	Rcomplex *
logical	int *
character	char **
raw	unsigned char *
list	SEXP
other	SEXP

範例 2: 矩陣相乘

Ordinary Matrix Product

If $A \in R^{n\times m}$, and $B \in R^{m\times p}$, then $Z = AB \in R^{n\times p}$,

where

$$z_{ij} = \sum_{k=1}^{m} a_{ik} b_{kj}.$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & & & \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{im} \\ \vdots & & & \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1j} & \cdots & b_{1p} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2j} & \cdots & b_{2p} \\ \vdots & & & & & \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdots & b_{mj} & \cdots & b_{mp} \end{bmatrix}$$

a_{im} = `A[i*nc+m]` $\qquad$ b_{mj} = `B[m*nc+j]`

範例 2: (1) MatrixProduct1.c

```
#include <R.h>

void MatrixProduct1(double *A, int *Anrow, int *Ancol,
    double *B, int *Bnrow, int *Bncol, double *out){

    int i, j, k, tmp;
    int Anr = *Anrow;
    int Anc = *Ancol;
    int Bnr = *Bnrow;
    int Bnc = *Bncol;

    if(Anc != Bnr){
        Rprintf("Dimension Error \n");
    }else{
        for(i=0; i < Anr; i++){
            for(j=0; j < Bnc; j++){
                tmp = 0;
                for(k=0; k < Anc; k++){
                    tmp = tmp + A[i*Anc+k]*B[k*Bnc+j];
                }
                out[i*Bnc+j] = tmp;
            }
        }
    }
    return;
}
```

範例 2: (2) R CMD SHLIB MatrixProduct1.c

(3) 執行

```
dyn.load("MatrixProduct1.dll")

X <- matrix(1:12, nrow=3, ncol=4)
Y <- matrix(1:12, nrow=4, ncol=3)

XX <- as.double(as.vector(t(X)))
YY <- as.double(as.vector(t(Y)))
Xnr <- as.integer(nrow(X))
Xnc <- as.integer(ncol(X))
Ynr <- as.integer(nrow(Y))
Ync <- as.integer(ncol(Y))

result <- .C("MatrixProduct1",  XX, Xnr, Xnc, YY, Ynr, Ync,
    out=as.double(rep(0, nrow(X)*ncol(Y))))
Z <- matrix(result$out, ncol=Ync, byrow=T)
print(Z)

X%*%Y

dyn.unload("MatrixProduct1.dll")
```

```
> X
     [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]    1    4    7   10
[2,]    2    5    8   11
[3,]    3    6    9   12
> Y
     [,1] [,2] [,3]
[1,]    1    5    9
[2,]    2    6   10
[3,]    3    7   11
[4,]    4    8   12
```

```
> XX
 [1]  1  4  7 10  2  5  8 11  3  6  9 12
> YY
 [1]  1  5  9  2  6 10  3  7 11  4  8 12
```

```
> print(Z)
     [,1] [,2] [,3]
[1,]   70  158  246
[2,]   80  184  288
[3,]   90  210  330
>
> X%*%Y
     [,1] [,2] [,3]
[1,]   70  158  246
[2,]   80  184  288
[3,]   90  210  330
```

練習 1: 一個C檔案，兩個C副程式

- 寫一C程式"**myMatrixManipulation.c**"，具兩個副程式:
  - 一副程式作「兩矩陣之相乘」。
  - 另一副程式作「兩矩陣之相加」。

```
void myMatrixPlus(double *A, double *B, int *nrow, int *ncol,
    double *out){
...
}
```

- 重覆範例 2 之程序。

```
> result <- .C("myMatrixPlus",  XX, XX, Xnr, Xnc,
    out=as.double(rep(0, nrow(X)*ncol(X))))
> Z <- matrix(result$out, ncol=Xnc, byrow=T)
> print(Z)
          [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]    2    8   14   20
[2,]    4   10   16   22
[3,]    6   12   18   24
```

練習 2: 兩個C檔案

- 寫出單一「矩陣之轉置」之C副程式並存檔於 "**myMatrixManipulation2.c**" 中:
- 同時編兩個C程式: **R CMD SHLIB *.c**
- 重覆範例 2 之程序。

```
> result <- .C("myMatrixTranspose",  XX, Xnr, Xnc,
   out=as.double(rep(0, nrow(X)*ncol(X))))
> Z <- matrix(result$out, ncol=Ync, byrow=T)
> print(Z)
     [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]    1    2    3    4
[2,]    5    6    7    8
[3,]    9   10   11   12
```

範例 3: 回傳值

(1) mySum.c

```
#include <R.h>
void sum(int *a, int *b, int *result){
    int x = *a;
    int y =  *b;
    *result = x + y;
}
```

(2)

```
R CMD SHLIB mySum.c
```

(3)

```
> dyn.load("mySum.dll")
> a <- 5
> b <- 6
> out1 <- .C("sum", as.integer(a), as.integer(b), as.integer(0))
> out1
[[1]]
[1] 5

[[2]]
[1] 6

[[3]]
[1] 11
```

```
> out2 <- .C("sum", c = as.integer(a), as.integer(b), out = as.integer(0))
> out2
$c
[1] 5

[[2]]
[1] 6

$out
[1] 11
```

```
> out3 <- .C("sum", a = as.integer(a), b = as.integer(b), out = as.integer(0))
> out3
$a
[1] 5

$b
[1] 6

$out
[1] 11
```

範例 4：不同參數向量型別

(1) myDiffType.c

```
void myDiffType(int *i, double *d, char ** c, int *l){

    i[0] = 2;
    d[0] = 2.4;
    c[0] = "A";
    l[0] = 0;

}
```

(2)

```
R CMD SHLIB myDiffType.c
```

(3.1)

```
> dyn.load("myDiffType.dll")
> i <- 1
> d <- 1.4
> c <- "a"
> l <-  "TRUE"
```

(3.3)

```
> (i <- 1:5)
[1] 1 2 3 4 5
> (d <- seq(length=5, from=1, to=5))
[1] 1 2 3 4 5
> (c <- c("a", "b", "c"))
[1] "a" "b" "c"
> (l <-  c("TRUE", "FALSE"))
[1] "TRUE"  "FALSE"
```

(3.2)

```
.C("myDiffType", ii = as.integer(i), dd = as.double(d), cc = as.character(c),
ll = as.logical(l))
```

.Call語法

```
.Call(name, ..., PACKAGE)
```

- C程式碼較複雜
- 參數是以一系列的R物件傳送。
- 參數以巨集(macros)方式被存取。
- 需引用標頭檔 **<Rinternals.h>** 來使用巨集。
- 需回傳一個R物件(結構為 SEXP)。
- 任何物件由R傳送到C都必是唯讀的。

使用.Call而不使用.C的優點

- 可以在C副程式裡建立並處理R物件。
  - 可以設定物件的屬性，例如向量的名稱，矩陣的維度。
  - 可以存取其它參數型別，例如expressions, raw type。

- 可從C副程式裡呼叫(執行)R函式。
- 可從C副程式裡回傳 R物件。

- 處理資料遺失值較容易。
- .Call有較少的參數(物件)複製
  - 呼叫.C時，在傳送參數給C副程式之前，R物件會被複製一份。
  - 當執行完.C後，這些物件會再被複製一次給R，當成.C的回傳物件。

範例 5: 利用.Call 計算一向量元素總和

(1) myVecOperation.c

```
#include <R.h>
#include <Rinternals.h>
#include <Rmath.h>

SEXP myVecSum(SEXP Rvec){
    int i, n;
    double *vec, value = 0;
    vec = REAL(Rvec);
    n = length(Rvec);
    for(i = 0; i < n; i++){
        value+= vec[i];
    }
    Rprintf("The value is:
%4.3f \n", value);
    return R_NilValue;
}
```

(2) R CMD

```
R CMD SHLIB myVecOperation.c
```

(3) in R

```
dyn.load("myVecOperation.dll")
.Call("myVecSum", rnorm(10))
```

(4) in R，加上判別

```
dyn.load("myVecOperation.dll")
VecSum <- function(vec){
    if(!is.vector(vec)){
        stop("vec must be a vector!")
    }
    if(!is.real(vec)){
        vec <- as.real(vec)
    }
    .Call("myVecSum", vec)
}

VecSum(rnorm(10))
```

寫.Call程式之注意事項

- SEXP:
  - R所定義的參數別結構，為S Expression的縮寫。
  - .Call裡所使用的C副程式必需接受和回傳SEXP。
  - 需強制轉換SEXP到合適的型別。
- 如果沒有回傳物件，則加上「**`return R_NilValue`**」。
- **`vec = REAL(Rvec)`**
  - 宣告**vec** 為一個指標，指向**Rvec**的實數部份。
  - 因為可以用**`vec[0]`**存取資料，不需用**`REAL(Rvec)[0]`**。
  - 改變**vec**，即會改變**Rvec**。
- 分配一塊空間給向量的語法，需引入**`Rinternals.h`**，也可以利用**`Rdefines.h`**得到同樣的效果。

Rdefines.h & Rinternals.h

Source Code : R-2.xx.x.tar.gz

D:\Web-R\Source_Win\R-2.11.1\R-2.11.1\src\include\Rdefines.h - EmEditor

File Edit Search View Macro Tools Window Help

```
43
44
45  /*
46   *  Added some macros defined in S.h from Splus 5.1
47   */
48
49  #define NULL_USER_OBJECT    R_NilValue
50
51  #define AS_LOGICAL(x)       coerceVector(x,LGLSXP)
52  #define AS_INTEGER(x)       coerceVector(x,INTSXP)
53  #define AS_NUMERIC(x)       coerceVector(x,REALSXP)
54  #define AS_CHARACTER(x)     coerceVector(x,STRSXP)
55  #define AS_COMPLEX(x)       coerceVector(x,CPLXSXP)
56  #define AS_VECTOR(x)        coerceVector(x,VECSXP)
57  #define AS_LIST(x)      coerceVector(x,VECSXP)
58  #define AS_RAW(x)       coerceVector(x,RAWSXP)
59
60  #define IS_LOGICAL(x)       isLogical(x)
61  #define IS_INTEGER(x)       isInteger(x)
62  #define IS_NUMERIC(x)       isReal(x)
63  #define IS_CHARACTER(x)     isString(x)
64  #define IS_COMPLEX(x)       isComplex(x)
65  /* NB: is this right? It means atomic or VECSXP or EXPRSXP
66  #define IS_VECTOR(x)        isVector(x)
67  /* And this cannot be right: isVectorList(x)? */
68  #define IS_LIST(x)      IS_VECTOR(x)
69  #define IS_RAW(x)       (TYPEOF(x) == RAWSXP)
70
```

C++ Ln 60, Col 36 繁體中文 (Big5)

D:\Web-R\Source_Win\R-2.11.1\R-2.11.1\src\include\Rinternals.h - EmEditor

File Edit Search View Macro Tools Window Help

```
848  #define allocSExp          Rf_allocSExp
849  #define allocVector        Rf_allocVector
850  #define any_duplicated         Rf_any_duplicated
851  #define any_duplicated3        Rf_any_duplicated3
852  #define applyClosure           Rf_applyClosure
853  #define arraySubscript         Rf_arraySubscript
854  #define asChar             Rf_asChar
855  #define asCharacterFactor      Rf_asCharacterFactor
856  #define asComplex          Rf_asComplex
857  #define asInteger          Rf_asInteger
858  #define asLogical          Rf_asLogical
859  #define asReal             Rf_asReal
860  #define asS4               Rf_asS4
861  #define classgets          Rf_classgets
862  #define coerceVector           Rf_coerceVector
863  #define conformable        Rf_conformable
864  #define cons               Rf_cons
865  #define copyMatrix         Rf_copyMatrix
866  #define copyMostAttrib         Rf_copyMostAttrib
867  #define copyVector         Rf_copyVector
868  #define countContexts          Rf_countContexts
```

Cannot find Rf_coerceVector below the current posi C++ Ln 861, Col 32 繁體中文 (Big5)

範例 6: 矩陣相乘使用.Call

MatrixProduct2.c

印出矩陣之C副程式

```
#include <R.h>
#include <Rinternals.h>

void printMatrix(double *Mat, int nr, int nc){
    int i, j;
    for(i=0;i<nr;i++){
        for(j=0;j<nc;j++){
            Rprintf("%3.1f ", Mat[i*nc+j]);
        }
        Rprintf("\n");
    }

}
```

範例 6: 矩陣相乘使用.Call (1)

兩矩陣相乘之C副程式

```
SEXP MatrixProduct2(SEXP A, SEXP B, SEXP isPrint){

    int *dimA, *dimB;
    double *aptr, *bptr ;

    dimA = INTEGER(coerceVector(getAttrib(A, R_DimSymbol), INTSXP));
    PROTECT(A = coerceVector(A, REALSXP));
    aptr = REAL(A);

    dimB = INTEGER(coerceVector(getAttrib(B, R_DimSymbol), INTSXP));
    PROTECT(B = coerceVector(B, REALSXP));
    bptr = REAL(B);

    int *IsPrint = LOGICAL_POINTER(AS_LOGICAL(isPrint));

    SEXP out;
    double *outptr;
    PROTECT(out = allocMatrix(REALSXP, dimA[0], dimB[1]));
    outptr = REAL(out);
```

範例 6: 矩陣相乘使用.Call (2)

(承上頁...)

```
    int Anr, Anc, Bnr, Bnc;
    int i, j, k, tmp;

    Anr = dimA[0]; Anc = dimA[1];
    Bnr = dimB[0]; Bnc = dimB[1];

    if(IsPrint[0]){
        Rprintf("Dimension of A matrix: %d x %d\n", Anr, Anc);
        printMatrix(aptr, Anr, Anc);
        Rprintf("Dimension of B matrix: %d x %d\n", Bnr, Bnc);
        printMatrix(bptr, Bnr, Bnc);
    }

    for(i=0; i<Anr; i++){
        for(j=0; j<Bnc; j++){
            tmp = 0;
            for(k=0; k<Anc; k++){
                tmp = tmp + aptr[i*Anc+k] * bptr[k*Bnc+j];
            }
            outptr[i*Bnc+j] = tmp;
        }
    }

    UNPROTECT(3);
    return(out);
}
```

範例 6: 矩陣相乘使用.Call (3)

(1)

```
R CMD SHLIB MatrixProduct2.c
```

(2)

```
> (A <- matrix(1:9, nrow=3))
     [,1] [,2] [,3]
[1,]    1    4    7
[2,]    2    5    8
[3,]    3    6    9
> (B <- matrix(1:6, nrow=3))
     [,1] [,2]
[1,]    1    4
[2,]    2    5
[3,]    3    6
> A%*%B
     [,1] [,2]
[1,]   30   66
[2,]   36   81
[3,]   42   96
```

(3)

```
> dyn.load("MatrixProduct2.dll")
> .Call("MatrixProduct2", A, B, FALSE)
     [,1] [,2]
[1,]   22   64
[2,]   28   76
[3,]   49  100
```

(4)

```
> .Call("MatrixProduct2", A, B, TRUE)
Dimension of A matrix: 3 x 3
1.0 2.0 3.0
4.0 5.0 6.0
7.0 8.0 9.0
Dimension of B matrix: 3 x 2
1.0 2.0
3.0 4.0
5.0 6.0
     [,1] [,2]
[1,]   22   64
[2,]   28   76
[3,]   49  100
```

範例 6: 矩陣相乘使用.Call (4)

寫一R函式呼叫.Call

```
MatrixProduct2 <- function(X, Y, isPrint){
   Xmat <- matrix(as.vector(t(X)), ncol=ncol(X), byrow=F)
   Ymat <- matrix(as.vector(t(Y)), ncol=ncol(Y), byrow=F)
   ans <- .Call("MatrixProduct2", Xmat, Ymat, isPrint)
   Z <- matrix(ans, ncol=ncol(Y), byrow=T)
   Z
}
```

```
> MatrixProduct2(A, B, TRUE)
Dimension of A matrix: 3 x 3
1.0 4.0 7.0
2.0 5.0 8.0
3.0 6.0 9.0
Dimension of B matrix: 3 x 2
1.0 4.0
2.0 5.0
3.0 6.0
     [,1] [,2]
[1,]   30   66
[2,]   36   81
[3,]   42   96
```

正確相乘結果

當 SEXP為整數或整數向量時...

- **SEXP myCsrc(SEXP myValue, ...)**
  - **int value = INTEGER_Value(myvalue);**

- **SEXP myCsrc(SEXP myintVec, ...)**
  - **PROTECT(myintVec = AS_INTEGER(myintVec));**
  - **int *ImyintVec = INTEGER_POINTER(myintVec);**

- 若SEXP為實數，則將上述**int** 替換成**double**，**INTEGER** 替換成 **NUMERIC** 即可。

- **PROTECT(myintVec = AS_INTEGER(myintVec));**
  - 在C程式裡產生的R物件必需呼叫PROTECT巨集使用在指向該物件的指標。
  - 這是告訴R，該物件正在使用，不能destroyed。

- **UNPROTECT(n);**
  - 「保護」是stack-based的，故**UNPROTECT(n)**是取消n個被保護的物件。
  - 需與PROTECT同個數。

當 SEXP為字串時...

- in C
  - SEXP myCsrc(SEXP myChar, ...)
    - PROTECT(myChar = AS_XHARACTER(myChar));
    - char *CmyChar;
    - CmyChar = R_alloc(strlen(CHAR(STRING_ELT(myChar, 0))), sizeof(char));
    - strcpy(CmyChar, CHAR(STRING_ELT(myChar, 0)));
- in R
  - myString <- "this is a string"
  - .Call("myCsrc", myString,...)

範例 7: 比較執行時間：R

```
MatrixProduct3 <- function(A, B){
    Anr <- nrow(A)
    Anc <- ncol(A)
    Bnr <- nrow(B)
    Bnc <- ncol(B)
    out <- matrix(0, nrow=Anr, ncol=Bnc)
    for(i in 1:Anr){
        for(j in 1:Bnc){
            for(k in 1:Bnr){
                out[i,j] = out[i,j] + A[i,k]*B[k,j]
            }
        }
    }
    out
}
```

```
> MatrixProduct3(A, B)
     [,1] [,2]
[1,]   30   66
[2,]   36   81
[3,]   42   96
```

```
runSpeed.R <- function(n){
    system.time({
        for(i in 1:n){
            Z <- MatrixProduct3(A, B)
        }
    })
}
```

```
> runSpeed.R(10000)
   user  system elapsed
   2.53    0.00    2.53
```

範例 7: 比較執行時間：.Call

```
runSpeed.Call1 <- function(n){
    system.time({
        for(i in 1:n){
            ans <- .Call("MatrixProduct2", A, B, FALSE)
        }
    })
}
```

```
> runSpeed.2(10000)
   user  system elapsed
   0.14    0.00    0.14
```

```
runSpeed.Call2 <- function(n){
   system.time({
       for(i in 1:n){
           MatrixProduct2(A, B, FALSE)
       }
   })
}
```

```
> runSpeed.Call2(10000)
   user  system elapsed
   0.92    0.00    0.92
```

範例 7: 比較執行時間：.C

```
runSpeed.C <- function(n){
    system.time({
        for(i in 1:n){
            ans <- .C("MatrixProduct1",
                      as.numeric(t(A)), nrow(A), ncol(A),
                      as.numeric(t(B)), nrow(B), ncol(B),
                      out=numeric(nrow(A)*ncol(B)))$out
            Z <- matrix(ans, ncol=ncol(B), byrow=T)
        }
    })
}
```

```
> runSpeed.C(10000)
   user  system elapsed
   0.90    0.00    0.91
```

制作R套件時，使用.C/.Call/.External的注意事項

- 複製 *.c 到 **myPackage/src/**

- 因為**myPackage**不會自動載入編譯好的C程式碼，故
  - 新增加一個檔案 **zzz.R**到**myPackage/R**，內容為

```
.First.lib <- function(lib, pkg){
    library.dynam("myPackage", pkg, lib)
}
```

- 呼叫.C/.Call時，增加參數 **PACKAGE="myPackage"**

```
.Call("MatrixProduct2", Xmat, Ymat, isPrint,
  PACKAGE="myPackageName")
```

Stack overflow的問題: Cstack_info( )

- 回報C stack 的大小及使用的狀況(if available).
- 當R啟動時，C stack的使用狀況就會被紀錄。
- 假使stack大小不足，則記憶體對應會出錯。

語法

Cstack_info()

- size:
  - The size of the stack (in bytes), or NA if unknown.
- current:
  - The estimated current usage (in bytes), possibly NA.
- direction
  - 1 (stack grows down, the usual case) or -1 (stack grows up).
- eval_depth
  - The current evaluation depth (including two calls for the call to Cstack_info).

```
> Cstack_info()
     size    current  direction eval_depth
 10485760       5344          1          2
```

.C/.Call的一般建議

- 先寫純R程式碼，再使用.C，最後再使用.Call。
  - R命令檔若有迴圈，通常執行時間較久。
  - 以.C/.Call方式編寫C程式碼，並在R的環境執行，同時利用了C的執行效率，及R的高階指令。

- 有用到特別的函數，例如分配函數或隨機數，則需引入<Rmath.h>

C Call R API

(1) Rnorm.c

```
#include <R.h>
#include <Rmath.h>

void Rnrom(){
  int i;
  double mu, sigma, *x;
  mu = 0;
  sigma = 1;

  x = (double *) R_alloc(10, sizeof(double));

  GetRNGstate();
  for(i = 0; i < 10; i++){
    x[i] = rnorm(mu, sigma);
    Rprintf("x: %f ", x[i]);
  }
}
```

(2) R CMD

```
R CMD SHLIB Rnorm.c
```

(3) in R

```
dyn.load("Rnorm.so")
set.seed(10)
out <- .C("Rnorm")
dyn.unload("Rnorm.so")
```

請參考 http://www.math.ncu.edu.tw/~chenwc/R_note/index.php?item=call_R

Call R function from C/C++ Program
(standardlone)


```
void main(){
    ...
    out = fopen("Ch14.R","w");
    ...
    fprintf(out,"X=rnorm(%d,%f,%f)\n",N,mu,sd);
    ....
    system("C:/progra~1/R/R-2.5.1/bin/R CMD BATCH Ch14.R");
    ...
}
```

C call R ?!

(1) Rnorm.c

(2) 編譯，連結並執行: `make, gcc`

- Build R as a shared library (libR.dll) and link against the c library.
- May also requires "Rmath.dll", "Rblas.dll", and "Rlapack.dll" for Windows.
- Embedding R in Other Applications:
  `http://developer.r-project.org/embedded.html`

```
#include <Rmath.h>

int main(){
  int i;
  double mu, sigma, *x;
  mu = 0;
  sigma = 1;

  x = (double *) malloc(10);
  for(i = 0; i < 10; i++){
    x[i] = rnorm(mu, sigma);
    printf("X: %f ", x[i]);
  }
  return 0;
}
```

請參考 **http://www.math.ncu.edu.tw/~chenwc/R_note/index.php?item=standalone**