计算图第一阶段说明文档

整体结构、封装、接口

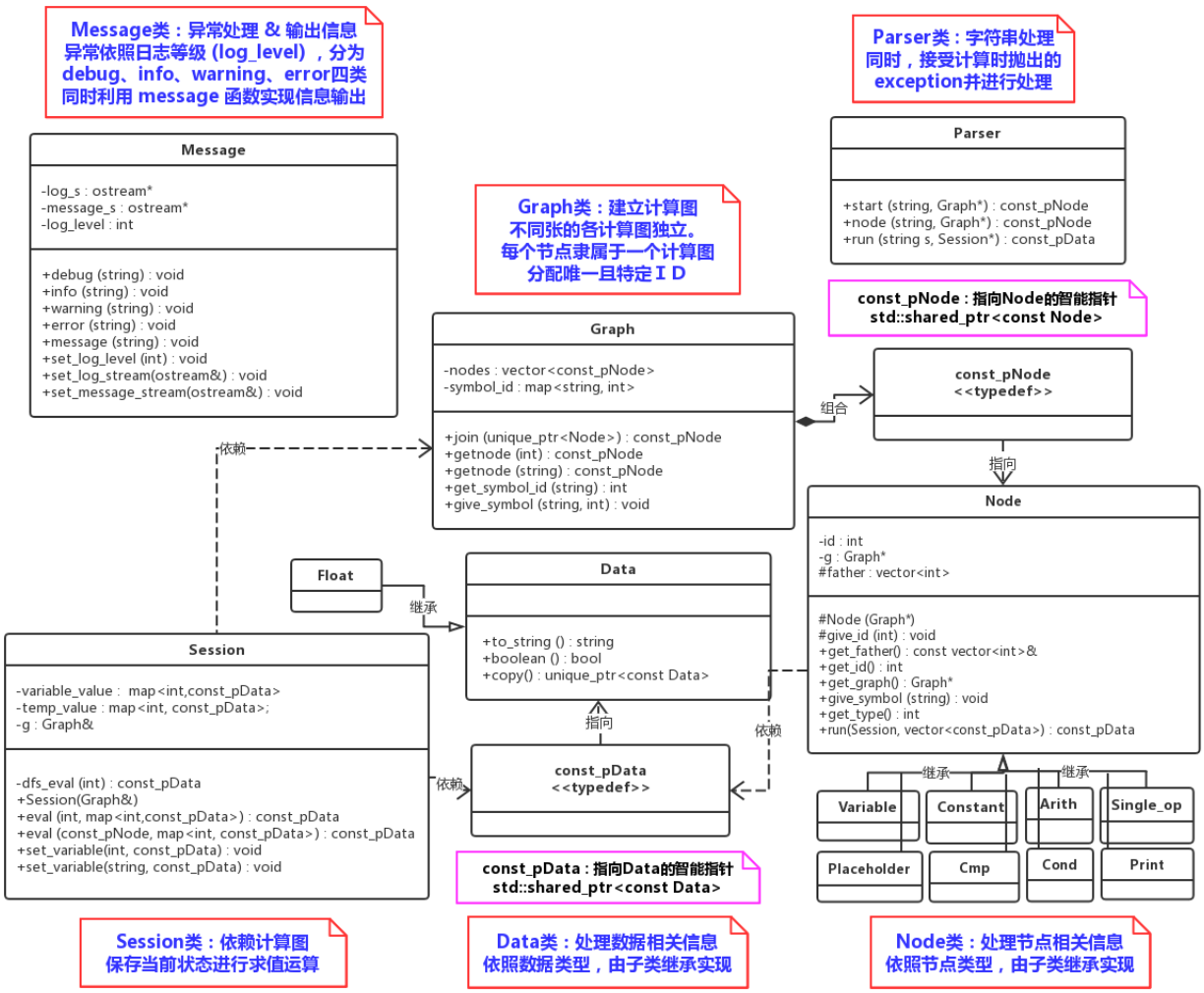
本次作业中, 我们写出了六个主要的类: `Graph`, `Session`, `Node`, `Data`, `Parser`, `Message` 以及若干派生类实现计算图的功能。 以下UML图给出了各类的相关关系以及接口。

(备注 : +代表public, #代表protected, -代表private)

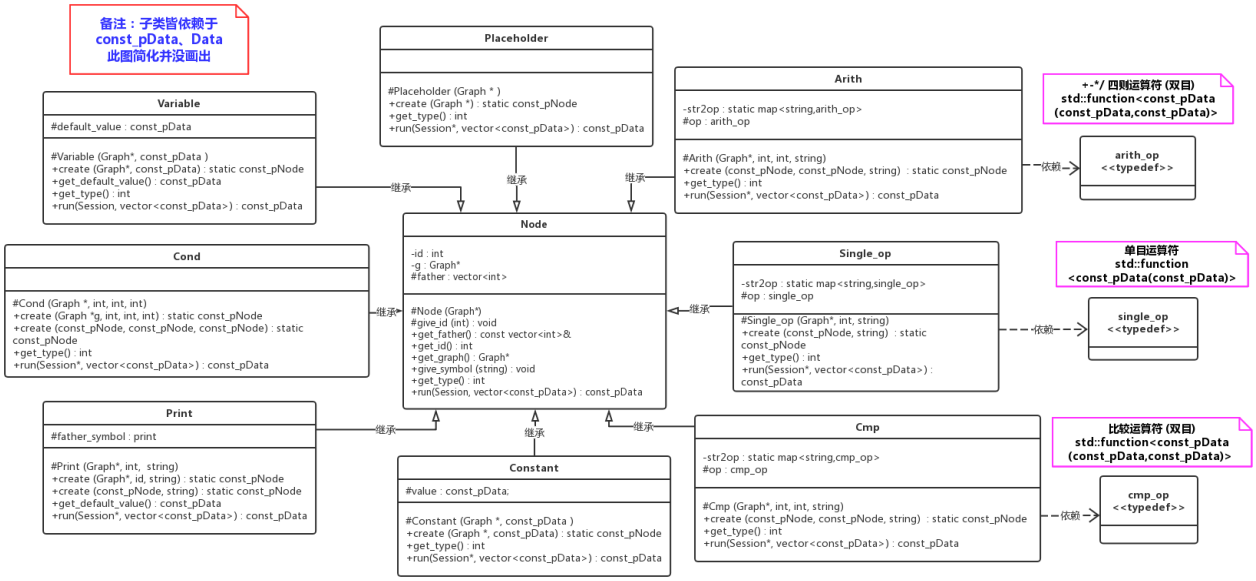
命名空间 (UML-namspace.png)

我们本次所有类、函数都写于`computational_graph`的命名空间中, 於主函数调用

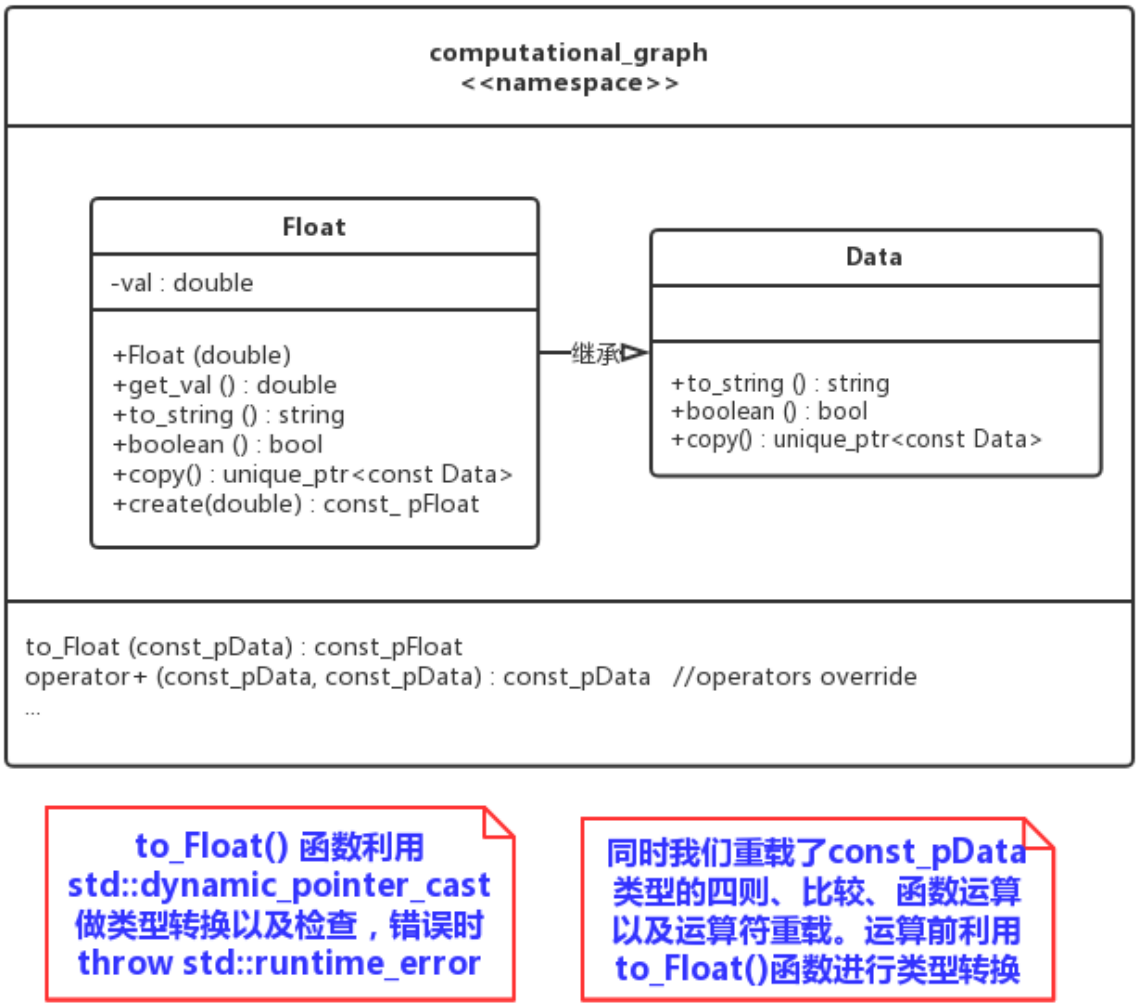
六大类 (UML-Base.png)



Node以及其派生基类 (UML-Node.png)



Data以及派生Float类 (UML-Data.png)



以上是我们所有的接口与函数, 现在我们就各个类探讨其功能，并给出相关注意事项。

`example_test.cpp` 给出了一组测试，并示范了这个库的推荐使用方式。你可以使用 `make test` 编译它。
`oj_main.cpp` 使用此库按照OJ要求的输入输出格式进行测试。你可以使用 `make` 编译它。

Graph类

`Graph` 类的实例以 `nodes` 成员管理一组节点连成的一张计算图，按加入图中的顺序分配ID。一个节点(`Node` 及其派生类对象)在刚创建出时，成员 `id` 的值为-1。随后它会通过调用一个 `Graph` 对象的 `join` 方法被加入图的管理并分配ID。你不应该调用 `Graph` 的 `join` 方法，也不应该手动创建出一个 `Node` 及其派生类的对象（这也是不可能的）。上述过程会通过相应派生类的静态 `create` 方法完成，并返回指向被创建的节点的智能指针。此时它已经在某一 `Graph` 的管理之下了。

它还会管理标识符到编号的映射，并支持将标识符重新绑定到其他节点上，利用标识符查找节点。在库的正常使用中并不会用到这一功能，但是这次作业中可以用到，处理读入的节点名称。**实际上，使用这个库时，我们推荐你不用到节点的编号与标识符。**

`Graph` 会按照加入节点的顺序将 `Variable` 节点的编号记录在 `variable_id` 中，这是为了让 `Session` 类可以在新变量加入时处理其默认值。

成员函数

```
+const_pNode join(std::unique_ptr<Node> curnode)
```

接管`curnode`并分配编号。你不应该调用这一方法。

```
+const_pNode getnode(int id)
```

返回指向这一编号对应节点的智能指针。如果`id`不是合法编号，行为是未定义的。

```
+const_pNode getnode(std::string symbol)
```

返回指向这一标识符对应节点的智能指针。如果`symbol`不是合法标识符，行为是未定义的。

```
+int get_symbol_id(std::string symbol)
```

返回这一标识符对应的节点编号。如果`symbol`不是合法标识符，行为是未定义的。

```
+void give_symbol(std::string symbol,int id)
```

将`symbol`作为标识符绑定到编号为`id`的节点上。如果`id`不是合法的编号，结果是未定义的。

Session类

`Session`的一个实例是一个“会话”，关联着一个`Graph`实例，并通过`variable_value`管理着这张图中`Variable`节点的一组取值状态。同一张计算图的不同会话中，`Variable`节点可能有不同的取值状态。

`last_variable_id`成员记录着最后一个被初始化的`Variable`节点。每次求值前，将还未初始化的节点默认值加入`variable_value`，然后再进行求值。求值时，`temp_value`暂存已经求值的节点结果与`Placeholder`节点的值。

成员函数

```
+Session(Graph &_g)
```

构造一个绑定在`_g`上的`Session`对象，并初始化已经被加入`_g`的`Variable`节点。

```
+Graph* get_graph()
```

返回指向该会话绑定的`Graph`对象的指针。

```
+const_pData eval(int id,std::map<int,const_pData> placeholder_value)
```

以`placeholder_value`表示的编号到值的映射作为`Placeholder`节点的取值，对编号为`id`的节点求值。可能抛出`std::range_error`，`std::invalid_argument`，`std::runtime_error`异常。

```
+const_pData eval(const_pNode p,std::map<const_pNode,const_pData> placeholder_value)
```

以`placeholder_value`表示的节点到值的映射作为`Placeholder`节点的取值，对`p`指向的节点求值。可能抛出`std::range_error`，`std::invalid_argument`，`std::runtime_error`异常。
如果`p`指向的节点并非此图中的合法节点，则引发`Message::error`并返回`nullptr`
如果`placeholder_value`中的节点并非`Placeholder`节点，则会引发`Message::warning`
(recommended)

```
+void set_variable(int id,const_pData v)
```

更改编号为`id`的`Variable`节点的取值。不会直接接管`v`指向的对象，而是将其复制一份。

```
+void set_variable(std::string symbol,const_pData v)
```

更改标识符为`symbol`的`Variable`节点的取值。不会直接接管`v`指向的对象，而是将其复制一份。

```
+void set_variable(const_pNode p,const_pData v)
```

更改`p`指向的`Variable`节点的取值。不会直接接管`v`指向的对象，而是将其复制一份。
(recommended)

Node类

`Node`是节点类的基类。它的对象被`Graph`管理，并可通过`get_graph()`方法获取其所在的`Graph`对象的指针。
一个`Node`基类对象不应当被创建出来，因此其构造函数是`protected`的。它的子类对象也不应当直接被创建出来，而是通过`create`静态方法（参见`Graph`类的文档）创建。
`father`成员存储着它所依赖的前驱节点的编号。不同类型的节点（对应着不同的派生类）有不同的`father`长度。

成员函数

```
#Node(Graph *_g)
```

创建的对象所属图为`_g`指向的`Graph`实例，依赖节点为空。

```
#Node(Graph *_g,std::vector<int> _father)
```

创建的对象所属图为`_g`指向的`Graph`实例，依赖节点编号为`_father`

```
#void give_id(int newid)
```

改变`Node`对象中存储的编号。此方法只会在`Graph`的`join`方法中调用一次，将默认值`-1`改为`newid`

```
+const std::vector<int> &get_father() const
```

返回对依赖节点编号列表的引用。

```
+int get_id() const
```

返回图中的编号。

```
+Graph *get_graph() const
```

返回其所在`Graph`对象的指针。

```
+void give_symbol(std::string symbol) const
```

在其所在的`Graph`对象中将`symbol`绑定到此节点上。

虚函数及其在子类中的实现

```
+virtual int get_type() const
```

- Node：返回0
- Variable: 返回1
- Placeholder: 返回2
- Constant: 返回3
- Arith: 返回4
- Single_op: 返回5
- Print: 返回6
- Cmp: 返回7
- Cond: 返回8

```
+virtual const_pData run(Session *sess,std::vector<const_pData> father_value) const
```

可能抛出`std::runtime_error`或`std::range_error`异常。

- Node类：引发`Message::error`并返回`nullptr`
- Variable : 运行时会引发`Message::warning`并返回`default_value`
- Placeholder : 运行时会引发`Message::error`并返回`nullptr`
- Constant : 返回`value`
- Arith : 若`father_value`的长度不为2, 则引发`Message::error`并返回`nullptr`
- Single_op：若`father_value`的长度不为1，则引发`Message::error`并返回`nullptr`
- Print：若`father_value`的长度不为1，则引发`Message::error`并返回`nullptr`
- Cmp：若`father_value`的长度不为2，则引发`Message::error`并返回`nullptr`
- Cond：若`father_value`的长度不为3，则引发`Message::error`并返回`nullptr`

Variable类 (继承Node类)

`Variable`类用于管理变量类型的节点, 当读入变量类型`V`后利用初始数值赋值给私有属性`default_value`。

构造函数

```
# Variable(Graph *_g, const_pData default_v)
```

`variable`的构造不直接接管传入的智能指针`default_v`，而是利用`Data::copy()`创立新对象并拷贝一份

成员函数

```
+ static const_pNode create(Graph *g,const_pData default_v)
```

用于在给定的图中，利用给定的默认值创建`Variable`节点返回其智能指针。

```
+ const_pData get_default_value() const
```

返回默认值。

Placeholder类（继承Node类）

`Placeholder`类用于创建占位符，即需要在计算时对其进行赋值的节点，若发现求值所依赖的占位符未赋值，则输出错误信息。

构造函数

```
# Placeholder(Graph *_g)
```

成员函数

```
+ static const_pNode create(Graph *g)
```

Constant类 (继承Node类)

`Constant`类用于创建常量节点。节点在创建时即给定其默认值`value`，在计算过程中无法对其赋值，也无法修改其默认值。

构造函数

```
# Constant(Graph *_g,const_pData v)
```

`Constant`的构造不直接接管传入的智能指针`v`，而是利用`Data::copy()`创立新对象并拷贝一份。

成员函数

```
+ static const_pNode create(Graph *g,const_pData v)
```

用于在给定的图中，拷贝传入的智能指针来构建新节点，赋值给`value`并返回其智能指针。

Arith类 (继承Node类)

为了保持代码简洁, 我们将 `arith_op` 类型定义为接受两个 `const_pData` 为参数并返回运算结果为 `const_pData` 的 `std::function` 同时, 建立一个四则运算表 `static map<string, arith_op> str2op` 存放从 `string` 到 `arith_op` 的映射关系

构造函数

```
# Arith(Graph *_g, int left_id, int right_id, std::string op_str)
```

左端运算节点id为 `left_id`, 右端运算节点id为 `right_id`, 运算符为 `op_str`。注意到如果在四则运表 `str2op` 中找不到 `op_str` 对应的运算，则调用 `Message::error` 并以预设的加法处理

成员函数

```
+ static const_pNode create(const_pNode left,const_pNode right,std::string op_str)
```

用于在给定左右节点以及四则运算符时，创建新节点。会进行对 `left` 和 `right` 的必要检查。

Single_op类（继承Node类）

`Single_op` 类用于处理一元函数运算。为了保持代码简洁, 我们将 `single_op` 类型定义为接受一个 `const_pData` 为参数并回传运算结果为 `const_pData` 的 `std::function`。类的静态私有成员 `str2op` 中用 `map` 实现了不同字符串与相应运算 `(sin,log,exp,tanh,sigmoid)` 的 `single_op` 对象的关联。

构造函数

```
#Single_op(Graph *_g, int x_id, std::string op_str)
```

成员函数

```
+static const_pNode create(const_pNode x, std::string op_str)
```

根据已有节点及运算符字符串创建新节点，并返回其智能指针。会进行对 `x` 的必要检查。

Print类（继承Node类）

`Print` 类实现了对节点值的打印功能。每次计算时，都利用 `Message::message` 输出前驱节点的值。

构造函数

```
#Print(Graph *_g,int x_id,std::string x_symbol);
```

通过给出的前趋节点编号创建 `Print` 节点，在输出时将 `x_symbol` 作为前驱节点名称。

成员函数

```
+const_pNode create(Graph *_g, int x_id, std::string x_symbol)
+const_pNode create(const_pNode x, std::string x_symbol)
```

提供了两种方法创建新节点

1. 在给定图中由节点编号与名称创建新节点
2. 由指向前驱节点的智能指针与标识符来创建新节点。*(recommended)*

Cmp类(继承Node类)

`Cmp`类实现了对于比较运算符的处理。为了保持代码简洁, 我们将`cmp_op`类型定义为接受两个`const_pData`为参数并回传运算结果为`const_pData`的`std::function`。在类的静态私有成员`str2op`中用`map`实现了字符串与相应比较运算`(<,>,<=,>=,==)`的`cmp_op`对象之间的关联。

构造函数

```
#Cmp(Graph *_g, int left_id, int right_id, std::string op_str)
```

参数包含节点所在的图，左右节点的id，以及比较运算符。

成员函数

```
+static const_pNode create(const_pNode left, const_pNode right, std::string op_str)
```

用于在给定左右节点以及比较运算符时创建新节点。会进行对`left`和`right`的必要检查。

Cond类（继承Node类)

`Cond`类实现了根据条件判断选择不同前驱节点计算结果的功能。当条件节点的计算结果向布尔的转换为真时，选择“真”节点，否则选择“假”节点。

构造函数

```
#Cond(Graph *_g,int cond_id,int true_id,int false_id)
```

成员函数

```
static const_pNode create(Graph *g,int cond_id,int true_id,int false_id)
static const_pNode create(const_pNode cond_node,const_pNode true_node,const_pNode
false_node)
```

提供了两种方法创建新节点:

1. 在给定图中依据条件节点id与真假节点id创建新节点
2. 由指向条件节点和真假节点的智能指针来创建新节点。*(recommended)*

Data类

为了保持代码简洁, 我们将 `const_pData` 定义为指向Data类对象的常量智能指针

节点的数据由 `Data` 以及其派生类负责管理。 `Data` **基类作为管理层，是所有数据类型(目前只实现Float)的父类，没有** `val` **值**。在 `Data.cpp` 中我们写出了智能指针 `const_pData` 类的单目运算、比较运算、四则运算等函数并重载了加减乘除以及输出流运算符, 使得 `Session` 类中进行dfs计算时能够顺利运行。同时, 为了维护计算图的安全性，在运算前我们实现 `to_Float()` 函数进行类型检查。**若试图在** `Data` **基类或是空指针上运算，会抛出** `std::runtime_error`。 (任何时候你也不应该创建 `Data` 对象进行运算)。

同时，因为输出前往往需要进行数据类型转换，我们利用虚函数的方式写出了两个接口让子类继承实现 : `to_string()` 、 `boolean()`。 注意到, 为确保数据安全，任何时刻你都**不应该调用** `Data` **基类中的这两个函数**，否则我们给出错误提示。而虚函数 `copy()` 功能在于不直接接管指针，而是新创一个相同的新对象, 并返回指向新对象的智能指针。 因为在子类有 `override`, 实际使用时会依照对象的实际类型并返回正确类型的智能指针。

基本上， `Data类` 负责计算图中节点的数据**管理**，你**不需要**也没必要刻意**调用**它。

成员函数 (都是虚函数, 子类重新实现)

```
+ virtual std::string to_string() const
```

提供子类接口 , 调用时会调用 `Message::error()` 报错。

```
+ virtual bool boolean() const
```

提供子类接口 , 调用时会调用 `Message::error()` 报错。

```
+ virtual std::unique_ptr<const Data> copy() const
```

创建新对象，返回指向新对象(类型为 `Data`)的智能指针， `Node` 类会用到。

Float类 (继承Data类)

为了保持代码简洁, 我们将 `const_pFloat` 定义为指向Float类对象的常量智能指针

`Float` 子类才算真正拥有私有数据 `val` 的对象，并能够进行实际的运算。我们利用初始化列表写出能利用 `init_v` 的值来创建新对象的构造函数, 同时写出 `create()` 静态方法用于创建 `Float` 对象并返回其智能指针。 而公有函数 `get_val()` 用于得到私有的 `val` 值。

构造函數

```
+ Float(double init_v)
```

成员函数

```
+ static const_pFloat create(double init_v)
```

得到指向以 `init_v` 为值创建的 `Float` 类对象的智能指针。

```
+ double get_val() const;
```

得到该对象存储的浮点值

```
+ virtual std::string to_string() const
```

返回一个用于输出的`std::string`对象, 我们利用`sprintf`设定为四位小数。(缓冲区的长度定为50)

```
+ virtual bool boolean() const
```

返回一个向布尔的类型转换。 注意到因为`COND`要求, 我们约定`eps = 1e-7` 并在`val > eps`时得到真, 否则得到假。

```
+ virtual std::unique_ptr<const Data> copy() const
```

将自身复制一份，创建新对象，返回指向新对象(类型为`Float`)的智能指针。

Message类

`Message`类的设计目的在于输出信息。它的所有成员**均为静态成员。**
我们将日志等级分为4级：`debug,info,warning,error`，并使其可调。
`message`类型的输出则为正常的输出内容，例如用于`Print`节点。

```
-int Message::log_level=3;
-std::ostream *Message::log_s = &std::cerr;
-std::ostream *Message::message_s = &std::cout;
```

类的私有成员包括日志等级`log_level`以及输出流指针`log_s, message_s`，由日志等级来判断是否输出相应错误信息，上面给出了其默认值。 `log_level`取值为1至4时分别对应`debug,info,warning,error`日志等级。例如`log_level`为3时只有`warning,error`类型的日志会被输出至`*log_s`

```
+void Message::set_log_level(int level)
+void Message::set_log_stream(std::ostream &s)
+void Message::set_message_stream(std::ostream &s)
```

我们在类中提供了`set_log_level,set_log_stream,set_message_stream`函数，以实现对日志等级、输出流对象的可能的修改。

```
+void Message::debug(std::string s)
+void Message::info(std::string s)
+void Message::warning(std::string s)
+void Message::error(std::string s)
+void Message::message(std::string s)
```

`debug,info,warning,error`会在日志等级符合要求时输出至`*log_s` `message`无论何时都会输出至`*message_s`

Parser类

`Parser`类是一个额外提供的工具，用于解析OJ测试时描述计算图操作的语言。

我们设计了`split`函数，用于在将传入的字符串以`ch`分割为若干段并存进`std::vector<std::string>`中，便于进行下一步的操作。

```
void split(std::string &s, std::vector<std::string> &res, char ch)
```

成员函数

```
const_pNode start(std::string s, Graph *g)
```

用于创建出`Placeholder/Constant/Variable`类型节点并返回指向该节点的智能指针。

```
const_pNode node(std::string s, Graph *g)
```

用于创建出依赖于其他节点的新节点，并返回新节点的智能指针。

```
const_pData run(std::string s, Session *sess)
```

用于执行计算或赋值操作，并返回求值结果的智能指针（若为赋值，则返回空指针）。